Die Schmiermittel

ihre Art, Prüfung und Verwendung

Ein Leitfaden für den Betriebsmann

von

Dr. Richard Ascher

Mit 17 Textabbildungen

Berlin
Verlag von Julius Springer
1922

Vorwort.

Die in der letzten Zeit zahlreich erschienenen Broschüren und Bücher über die Schmiermittel lassen die Frage auftauchen, ob es denn wirklich zu rechtfertigen sei, die große Zahl dieser noch um ein weiteres zu vermehren. Die schwierigen Verhältnisse, unter denen unsere Schmiermittelversorgung während des Krieges zu leiden hatte und uns immer größere Beschränkungen auferlegte, haben eine grundlegende Neuorientierung aller Fragen, die auf die Schmiermittelverwendung, Schmiermittelersparnis und Schmiermittelversorgung Bezug haben, zur Forderung gemacht. Die wertvollen Arbeiten der Kriegsschmieröl-Gesellschaft, der Beratungs- und Freigabestellen für Schmiermittel der Rhein.-Westf. Montanindustrie in Düsseldorf, dem technischen Ausschuß für Schmiermittelverwendung in Charlottenburg, ferner die Fortschritte auf dem Gebiet der Steinkohlenverarbeitung und der Gewinnung von ölähnlichen Produkten aus den verschiedenen Kohlen, der Braunkohle, dem Torf und dem Holz, die weitgehende Verwendung des Montanwachses für die Schmiermittelherstellung und nicht zum mindesten die sich immer mehr verbreitende Überzeugung über den ökonomischen Wert einer sparsamen Schmierung auch in den kleineren Betrieben, scheinen mir die Berechtigung zu geben, diesen gesamten Stoff unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammenfassend darzustellen.

Nicht für den Ölfachmann und Ölhändler im engeren Sinn ist dieses Buch gedacht, vielmehr war es meine Absicht, dem Betriebsmann, vorzüglich in kleineren und mittleren Betrieben, einen kleinen Leitfaden an die Hand zu geben, durch den er sich zunächst über Ursprung, Entstehung und Gewinnung der Schmierstoffe in ganz kurzen Umrissen Klarheit verschaffen

kann. Die bisher unerreicht vorzüglichen Werke von Engler-Höfer, Hefter, Ubbelohde, Holde, Kißling, Marcusson und Benedikt-Ulzer usw., die Abhandlungen über die Verarbeitung der Kohle von Franz Fischer aus dem Kaiser Wilhelm-Institut in Mühlheim/Ruhr sind schwer zugänglich, kostspielig und auch bei weitem zu umfangreich, um schnell das Notwendigste und Wesentliche aus ihnen zu entnehmen. Ohne Voraussetzung tieferer Kenntnisse der organischen Chemie soll der Betriebsingenieur einen Überblick gewinnen über die verschiedenen Schmierstoffe, ihre Eigenart und ihre Vor- und Nachteile. Anschließend soll eine Übersicht und Beschreibung der verschiedenen Untersuchungsmethoden den Verbraucher in die Lage versetzen, auch mit einem geringen Aufwand an Apparaten sich Klarheit zu verschaffen über die Brauchbarkeit der Öle und Fette, und soll ihm die Möglichkeit geben, zu prüfen, ob das ihm angebotene Produkt den gewünschten Anforderungen entspricht. Auf diese Anforderungen im besonderen wird im letzten Kapitel eingegangen. Es wird hierbei vermieden, gar zu sehr in die Breite zu gehen, vielmehr werden die allgemeinen Grundgedanken und Richtlinien dargelegt, die für die Verwendung der verschiedensten Schmierstoffe in Frage kommen. Die von den Behörden vorgeschriebenen Bedingungen und die Analysen werden in tabellarischer Form gegeben. Zum besseren Verständnis ist es erforderlich, zuvor einen kleinen Einblick zu geben in die Theorie der Reibung und die Methoden zur technischen Erprobung der Schmierstoffe. Der ständig hin und her gehende Streit der Meinungen erschwerte die Einnahme eines bestimmten Standpunktes und die Feststellung von sicher fundierten Tatsachen, es blieb hier nichts anderes übrig, als die Anschauungen der Vertreter der verschiedenen Richtungen nebeneinander zu stellen.

Das Bestreben der Großverbraucher, die Schmiermittelwirtschaft sowohl volkswirtschaftlich als auch betriebswirtschaftlich sparsam und im betriebstechnischen Sinne sicher zu gestalten, soll auch dem kleineren Verbraucher in diesem Büchlein näher gebracht werden. Erst wenn die gesamten Schmierstoff verbrauchenden Betriebe sich des Wertes und der Bedeutung dieses Stoffes bewußt werden, darf man hoffen, daß auch auf diesem Gebiet unsere Volkswirtschaft einer Gesundung

entgegengeht. In diesem Sinne zu wirken hat sich dieses Buch zur Aufgabe gemacht.

Der ungeheure Umfang des in Frage kommenden Gebietes mag es mit sich bringen, daß auf dem engen Raum, den das Werk nicht überschreiten soll, manches vermißt werden wird, was von Bedeutung erscheint. Ich bitte hier um Nachsicht und bin für Aufklärungen und Hinweise aus dem Leserkreise dankbar.

Es sei mir erlaubt, an dieser Stelle Herrn Geheimrat Prof. Dr. D. Holde für die Freundlichkeit zu danken, mit welcher er mir gestattete, eine Anzahl von Abbildungen und Tabellen seinem Werke „Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette“ zu entnehmen.

Brandenburg a/Havel, im November 1921.

Richard Ascher.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

II. Die Prüfung und Untersuchung der Schmiermittel.

III. Die technische Prüfung der Schmiermittel.

IV. Die Schmiermittelersparnis.

V. Verwendungszwecke und Auswahl der Schmiermittel.

Berichtigung.

Seite 9 Zeile 2 von unten — Oelgoudron statt Oelgroudron.
„ 65 „ 2 von oben — konzentrierter statt konzentrierte.
„ 184 „ 6 von unten, 3. Längsspalte — 2,5 nicht 25.
„ 246 — Rütgersol statt Rügersol.
— Voltol statt Voltöl.

I. Das Rohmaterial der Schmiermittel.

A. Die Mineralöle.

a) Historische Übersicht über die verwendeten Schmiermaterialien.

Als in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Industrie einen plötzlichen und ungeheuren Aufschwung nahm, ging die Entwicklung der Schmierstoffe hiermit Hand in Hand. Anfänglich wurden fast ausschließlich tierische und pflanzliche Fette und Öle zur Herabminderung der Reibung verwendet. Schweineschmalz, Unschlitt, Olivenöl, Rüböl, Tran und andere Öle bildeten die Hauptbestandteile der Schmiermaterialien, die zu jener Zeit in Gebrauch standen. Indessen das Material war teuer und der Bedarf stieg mit der sich stets vergrößernden Industrie. Die Produkte, welche geliefert wurden, waren von sehr verschiedener Qualität und von wechselnder Zusammensetzung. Durch Verkochen von Palmöl mit Soda und Wasser wurde eine halbfeste Schmiere hergestellt, welche lange Zeit bei den englischen Eisenbahnen verwendet wurde[1]). Diese halbfesten Produkte wurden in die Achsbuchsen eingebracht, hier erweichten sie durch die infolge der Reibung erzeugten Wärme und durch die Erschütterungen bei den Umdrehungen der Räder und überzogen die Achsen mit einer dicken, rahmartigen Schicht. Für Winter und Sommer wurde die Zusammensetzung dieser Schmieren geändert, um dem Wechsel der Temperaturverhältnisse der Jahreszeit jeweils angepaßt zu sein. In Deutschland und in den übrigen Ländern wurden auf analoger Grundlage ähnliche Schmieren, „Patent-Antifriktionsschmieren“ und wie dergleichen Namen mehr waren, hergestellt. An Stelle des Palmöls trat vielfach Tran oder Rüböl. Der Erstarrungs-

[1]) Großmann, J., Die Schmiermittel. Kreidels Verlag, Wiesbaden 1909.

punkt dieser Schmieren lag etwa zwischen 30°—40° C. Bewertet wurden sie nach der Länge des Weges, den ein frisch mit Schmierstoff gefüllter Wagen zurücklegte, bis das Material verbraucht war. Die reibungsmindernde Kraft wurde nicht beachtet.

Eine gewaltige Änderung aber trat auf dem Schmiermittelgebiet ein, als im Jahre 1859 in Amerika die ersten Petroleumquellen erbohrt, im Jahre 1862 in Schottland aus den bituminösen Schiefern Öl destilliert und im Jahre 1872 in Rußland die Erdölgewinnung im großen aufgenommen wurde [1]). Man lernte gar bald aus diesem aus dem Boden dringenden Naturstoff Produkte gewinnen, die ganz hervorragend geeignet waren, die tierischen und pflanzlichen Öle und Fette zu ersetzen, ja, sie sogar zu verdrängen. — Zwar mußte nun erst der Kampf entschieden werden zwischen Starrschmiere und Öl. Die Vorteile und Nachteile jener sind sehr mannigfaltig, doch soll darüber an einem anderen Orte berichtet werden. Das Ergebnis war, daß das flüssige „Öl" in den meisten Fällen den Sieg davon trug.

b) Das Vorkommen des Erdöls.

Das russische Erdöl. Im südöstlichen Rußland, dem Teil, welcher zwischen dem Kaspischen See und dem Schwarzen Meer sich erstreckt, finden sich die Ölquellgebiete, die bis zum Jahre 1914 als die ergiebigsten in Europa galten.

Zwischen den Orten Baku und Batum liegen die Erdölfelder, deren bedeutendste die von Balachany, Bibi-Eybat und Ssurachani sind. Diese Erdölquellen sind außerordentlich ergiebig und waren bereits im frühesten Altertum bekannt. Während der letzten Jahre sind infolge des Krieges und der Revolutionswirren die Quellen fast gänzlich in Verfall geraten und die Produktion ist bis auf ein Minimum herabgesunken. Es ist nicht bekannt geworden, daß größere Mengen russischen Erdöls in der Nachkriegszeit nach Westeuropa gelangt seien, sehr zum Schaden der Industrie, die gerade in diesen Produkten das beste Rohmaterial für die Schmierung ihrer Maschinen gefunden hatte. Es mußte also während des Krieges Erdöl aus anderen Quellen herangezogen werden. Das waren für die Mittelmächte hauptsächlich die von Rumänien und Galizien, hinzu kamen die Quellen im eigenen Lande. Den Ententeländern standen die Erdölquellen der ganzen Welt, in der Hauptsache natürlich die von Amerika, zur Verfügung.

[1]) Ost, Technologie. 6. Aufl.

Das amerikanische Erdöl. Amerika bietet den größten Reichtum an Erdölvorkommnissen. Die ersten Funde wurden in Pennsylvanien gemacht, denen bald die von Neuyork, Ohio und Indiana sich anschlossen. Im Laufe der Jahrzehnte wurden weitere Gebiete erschlossen, sowohl gen Süden, in Texas, Louisiana und Kansas, als auch gen Westen im Staate Kalifornien und in den letzten Jahren endlich in Wyoming, im Innern der Vereinigten Staaten. Diese Fundstelle ist vorläufig für den Weltkonsum ohne Bedeutung, da infolge der mangelhaften Transportverhältnisse dieses so zentral gelegene Gebiet nur schwierig ausgebeutet werden kann.

Welche Bedeutung die rumänischen und galizischen Vorkommnisse haben, ist während des Krieges genügend bekannt geworden. Ja, selbst so unbedeutende Funde wie bei Pechelbronn im Elsaß, sowie bei Ölheim-Wietze im Hannoverschen haben durch die Not der Zeit ihre Bedeutung erlangt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß in Niederländisch-Indien, Burma, Japan und in Kanada und Mexiko nicht unbeträchtliche Erdölmengen zutage treten, und daß fast in allen Teilen der Welt kleinere Mengen von Mineralöl gefunden werden.

Während im allgemeinen das Öl nach dem Anbohren selbsttätig aus dem Erdboden hervorsprudelt, wird es an manchen Stellen, speziell in Schottland und Amerika, durch Destillation von Gestein, sog. bitumösem Schiefer, gewonnen. Über dieses Schieferöl sowie ferner über das aus Braunkohlen und Steinkohlen gewonnene Öl soll in einem späteren Abschnitt ausführlicher gesprochen werden. Schon jetzt sei jedoch erwähnt, daß die aus diesen Rohstoffen gewonnenen Schmiermittel gerade in den letzten Jahren immer größere Bedeutung erlangt haben.

c) Die chemische Zusammensetzung des Erdöls.

Bevor auf die Einzelheiten der Schmierstoffe und Erdölprodukte eingegangen wird, ist es von Wichtigkeit, eine Definition zu geben. Was ist Roherdöl? Ganz allgemein gesprochen kann man hier so definieren: Roherdöl ist ein Gemisch der allerverschiedensten organischen Verbindungen, und zwar in der Hauptsache von Kohlenwasserstoffen mit großer Kohlenstoffzahl, mit Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen, die aber an Menge den ersteren gegenüber sehr zurücktreten Dieses Gemisch ist durchweg von dunkler Farbe, vom braungelb bis zum tiefen schwarz, und kann alle Flüssigkeitsgrade

durchlaufen. Bald ist es dünnflüssig, bald außerordentlich zäh, fast pechartig. Der Geruch erinnert meist an Petroleum. Öle, die Schwefel enthalten, haben einen eigentümlich lauchartigen Geruch. Oft quillt das Öl aus der Erde und bildet dann kleine Seen und Tümpel, häufig tritt es jedoch nicht bis an die Erdoberfläche, sondern muß durch tiefe, schwierige Bohrungen erschlossen werden, steigt aber dann infolge des auf ihm lastenden Gasdrucks in gewaltigen Springbrunnen empor. Hierbei wird Wasser und Sand mit emporgeschleudert und die im Boden eingeschlossenen Gasmengen entweichen. Praktisch ist somit das Erdöl sowie alle aus ihm hergestellten Produkte ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, d. h. Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in wechselnder Zusammensetzung. So einfach dieses in Worten klingt, so schwierig ist es, in Wirklichkeit eine genaue Auseinanderlegung der im Öl vorhandenen Bestandteile durchzuführen, ja, in manchen Fällen dürfte dies unmöglich sein. Man begnügt sich daher in den meisten Fällen, eine Trennung der verschiedenen Kohlenwasserstoffgruppen durchzuführen und zu erforschen, wie groß der Anteil einer jeden dieser an dem Gemisch ist.

Man unterscheidet nun in der organischen Chemie folgende Gruppen von Kohlenwasserstoffen:

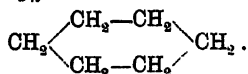
1. Paraffin- oder Methankohlenwasserstoffe,
2. Olefin- oder Äthylenkohlenwasserstoffe,
3. zyklische, sog. Polymethylenverbindungen, auch Naphthene genannt,
4. aromatische oder Benzolkohlenwasserstoffe.

1. Die Paraffin- oder Methankohlenwasserstoffe der Formel C_nH_{2n+2} sind völlig gesättigt und infolgedessen chemisch außerordentlich widerstandsfähig. Sie überwiegen in den meisten Erdölen, und hierauf ist die verhältnismäßig große Beständigkeit der Erdöle zurückzuführen. Je höher siedend die Erdölfraktion ist, um so länger ist die Kohlenstoffkette, welche beim festen Paraffin bis zu C_{35} und C_{40}, ja bis zu C_{50} heraufgeht. Erdöl mit hohem Gehalt an Methankohlenwasserstoff und hoher C-Zahl werden auch paraffinisch genannt.

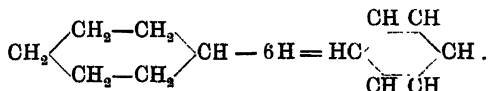
2. Wenn auch nur in geringeren Mengen, finden sich die ungesättigten Kohlenwasserstoffe der Olefin- oder Äthylenreihe C_nH_{2n} sowie der Azetylenreihe mit dreifacher Bindung der Formel C_nH_{2n-2} in den meisten Rohölen. Diese Verbindungen lassen sich nach dem Verfahren von Edeleanu durch flüssige schweflige Säure extrahieren, und infolge ihrer chemi-

schen Struktur werden sie auch durch konzentrierte Schwefelsäure leicht angegriffen und zerstört.

3. Mit den Olefinen isomer, aber gesättigt, sind die ringförmig aufgebauten Polymethylenverbindungen der allgemeinen Formel C_nH_{2n} und der Strukturformel

$$CH_2\left<\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ CH_2-CH_2 \end{matrix}\right>CH_2 .$$

Dieses Hexamethylen und seine höheren Homologen finden sich in größeren Mengen im Rohöl — russisch Naphtha — und heißen daher auch Naphthene. Die naphthenhaltigen Erdöle unterscheiden sich von den obengenannten paraffinhaltigen sehr wesentlich, besonders in Stockpunkt, Flammpunkt und spez. Gewicht. Über die prozentuale Verteilung der einzelnen Kohlenwasserstofftypen in den an verschiedenen Stellen vorkommenden Erdölen soll später gesprochen werden.

4. In naher Beziehung zu dem Naphthenringe steht der Benzolring, welcher entstanden gedacht werden kann durch Verlust von 6 Wasserstoffatomen aus dem Hexamethylen

$$CH_2\left<\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ CH_2-CH_2 \end{matrix}\right>CH - 6\,H = HC\left<\begin{matrix} CH\;CH \\ CH\;CH \end{matrix}\right>CH .$$

Auch das Benzol und seine Homologen finden sich vereinzelt und oft in nicht unbeträchtlichen Mengen im Rohöl.

Über die außerdem noch vorhandenen Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen sei nur das Allerwichtigste gesagt. Die Sauerstoffverbindungen sind meist Karbonsäuren der Naphthenreihe, sog. Petrolsäuren oder Naphthensäuren, welche bei der Raffination entfernt werden und ein lästiges, stark riechendes Abfallprodukt geben. Auch die im Öl vorkommenden Harz- und Asphaltstoffe sind hochkomplizierte Polymerisationsprodukte, welche Sauerstoff und oft auch Schwefel enthalten (s. Kap. 2: Harz- und Asphaltstoffe, S. 100). Schwefel findet sich zwar nur in geringen Mengen, bedingt aber den unangenehmen Geruch des Öles und seiner Verbindungen und die großen Schwierigkeiten bei der Raffination, da sich diese Verbindungen nur durch die Einwirkung chemisch wirksamer Stoffe und zwar bei der Destillation entfernen lassen. Speziell einige amerikanische Öle, die sog. Ohio- und Limaöle, enthalten große Mengen von Schwefel, doch ist es Frash gelungen, durch Behandeln mit einem Gemisch von Kupfer und Eisenoxyd diese Öle zu gut verwendungsfähigen Produkten zu verarbeiten.

d) Der Ursprung des Erdöls.

Über den Ursprung des Erdöls existieren die mannigfachsten Theorien. Die älteste, von Mendelejeff aufgestellte Theorie fußt auf der experimentellen Tatsache, daß bei der Einwirkung von Wasser auf Karbide (das sind Verbindungen von Kohlenstoff mit Metallen) je nachdem, was für ein Karbid vorliegt, die verschiedenartigsten Kohlenwasserstoffe entstehen, Nach Sabatier und Senderens sollen Wasserstoff und Azetylen, welches ja ebenfalls aus Wasser und Calciumkarbid entsteht, bei Gegenwart von Metallen, welche als Kontaktsubstanz wirken, bei ihrem Zusammentreffen die hochmolekularen Kohlenwasserstoffe bilden. Bei den im Erdinnern vorkommenden sehr hohen Drucken und Temperaturen wäre auch die Bildung von komplizierten Molekülen wohl denkbar. Jedoch bei genauerer Durchforschung dieses Problems erwies sich diese Theorie sehr bald als unhaltbar, als nämlich im Erdöl, wenn auch nur in sehr geringen Spuren, optisch aktive Substanzen nachgewiesen werden konnten, und zwar durch die Arbeiten von M. A. Rakusin. Damit wurde der unwiderlegliche Beweis erbracht, daß als Grundsubstanz organische Materie in Frage kommt. Hier haben ferner die Arbeiten von Marcusson besonders bahnbrechend gewirkt; nach ihm sind die Sterine, Cholesterin und Phytosterin, die Grundsubstanzen der optischen Aktivität im Erdöl. Diesen Voraussetzungen wird nun die Theorie von Engler-Höfer gerecht, welche annimmt, daß das Erdöl durch Druckdestillation aus organischen Substanzen und zwar animalischen Lebewesen entstanden sei. Bei der Destillation von Fischsubstanz konnten sie ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen gewinnen, welches dem natürlichen Vorkommen außerordentlich ähnlich war. Aber auch pflanzliche Produkte scheinen zur Bildung von Erdöl beigetragen zu haben. Hier haben die Arbeiten von Potonié Klarheit geschaffen. Nach ihm wäre die erste Phase der Erdölbildung die Entstehung von „Sapropel". Dieser sog. „Faulschlamm" bildet sich in stehenden Gewässern beim Faulen von Algen, Pflanzen und Kleintieren. Die hier in Betracht kommenden Organismen zeichnen sich durch hohen Fettgehalt aus, und durch Wegfaulen der stickstoffhaltigen Substanzen findet noch eine Anreicherung des Fettes statt. Dieser Schlamm führt dann weiterhin zu ölhaltigen Schiefern und Tonen, ein Vorgang, den man „Bituminierung" nennt. Solche bituminösen Schiefer findet man z. B. in Schottland und in Amerika, sowie auch in Deutschland.

Aus diesen oder ähnlichen Produkten dürften vielleicht durch eine Druckdestillation sich die Mineralöle gebildet haben.

Nach Marcusson[1]) und Donath[2]) besteht ein genetischer Zusammenhang zwischen Kohle und Mineralölen, da die Asphaltene mit den in den Kohlen vorkommenden Karbenen und Karboiden gewisse Verwandtschaften zeigen. Neuere Forschungen von Ad. Grün und Th. Wirth[3]) über die Zersetzung von Fettsäuren und Seifen sowie über animalischen Kohlenwasserstoff, wie sie Mastbaum[4]) sowie Tsujimoto[5]) und Chapman[6]) in den Leberölen von Haifischen festgestellt haben, scheinen der Englerschen Theorie der Mineralölbildung aus Fetten auf dem Umwege über Ketone eine weitere Stütze zu geben. In Amerika ist es hauptsächlich Marbery[7]) gewesen, der sich mit der Theorie über die Entstehung befaßt hat. Ganz kürzlich sind einige Arbeiten von A. Pictet[8]) erschienen, in denen durch die Ähnlichkeit der Destillationsprodukte von Steinkohle in niedrigem Vakuum mit den kanadischen und kalifornischen Erdölen, also solchen auf Asphaltbasis einerseits, sowie Destillationsprodukten von Fetten und Seifen mit pennsylvanischen Ölen, also paraffinischen andererseits, bewiesen erscheint, daß sowohl tierische wie auch pflanzliche Stoffe an der Entstehung des Erdöls beteiligt waren.

e) Die Geologie des Erdöls.

Als Folgeerscheinung seiner Entstehung findet sich das Erdöl in allen möglichen Schichten der Erdrinde und ist an keine geologische Periode gebunden. Es lagert in mäßig großen Tiefen unter der Erdoberfläche und erfüllt hier die Poren, Klüfte und Spalten des Gesteins, und zwar in der Hauptsache des Sedimentgesteins, während es zu vulkanischem Gestein keine Beziehungen hat. Für die Ansammlungen größerer Mengen ist es erforderlich, daß das liegende Gestein, d. h. das unter der Erdölschicht liegende, möglichst ungestört und für das Öl undurchlässig ist. Daraus ergibt sich, daß Sande und Sandstein

---

[1]) Marcusson, Chem.-Ztg. 1918, S. 437ff. Die nat. und künstl. Asphalte. Engelmann 1921.

[2]) Chem.-Ztg. 1919, S. 497.

[3]) Grün und Wirth, Ber. 1920, S. 1301.

[4]) Mastbaum, Chem.-Ztg. **39**, S. 889, 1915.

[5]) Tsujimoto, Journ. Ind. and Eng. Chem. **8**, S. 889; **9**, S. 1098, 1917.

[6]) Chapmann, Soc. **111**, S. 56, 1917.

[7]) Marbery, Chem. Umschau 1920, S. 175.

[8]) Pictet, Mat. Grasse, 1920, S. 5792.

erdölführend sein werden, wohingegen Ton, Tonschiefer und Gips sich unter den Öllagern finden werden. Günstig ist es auch, wenn die darüberliegende Decke eine undurchlässige Schicht bildet, so daß die Öl- und Gasmassen nach keiner Seite entweichen können. Durch tektonische Veränderungen, Gebirgsdruck, Verschiebung der Schichten, wird das Öl an den Gebirgssatteln, den Antiklinalen, zusammengepreßt. In diesen Satteln findet man langgestreckte, erdölführende Zonen, welche mit dem Hauptgebirgszuge parallel laufen.

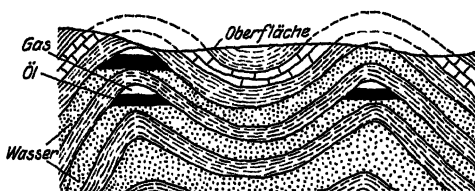



Abb. 1. Antiklinale Lagerung.

Über die Art der Lagerung, sowie die Ansammlung des Öles geben beistehende Abb. 1 und 2 einen Überblick. Man sieht, wie sich zwischen den Grenzschichten von Sand und undurchlässigem Ton das Öl an der höchsten Stelle des aufgetürmten Sattels angesammelt hat. Ist allerdings Wasser nicht zugegen, so kann sich das Öl auch an der tiefsten Stelle des Sattels den Synklinalen anhäufen, wie es in Abb. 2 gezeigt ist. An ein geologisches Alter ist das Erdölvorkommen nicht gebunden. Man findet es vom Silur hinauf bis in die Tertiärzeit, wobei allerdings die jüngeren Formationen die größten Mengen enthalten. Da auch in dieser Zeit sich die großen Kettengebirge erhoben haben und die Erdölfelder diesen parallel laufen, so dürfte ein gewisser Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen wahrscheinlich sein. Die besten Öle finden sich in nicht zu großen Tiefen, da die leichten Fraktionen hier nicht entweichen konnten, also etwa 300 bis 1000 m unter der Erdoberfläche. Doch ist man bis in weit größere Tiefen vorgedrungen, um die dort befindlichen wertvollen Erdöllager auszubeuten. Die tiefste Bohrung befindet sich in Harrison-Country in Westvirginia und beträgt 2311 m. Sie über-

Abb. 2. Synklinale Lagerung.

trifft den tiefsten Schacht, nämlich Schacht 3 der Thamarackmine in Houghton-Country, Michigan, mit 1586 m um ein beträchtliches.

f) Die Eigenschaften und Zusammensetzung der verschiedenen örtlichen Vorkommen.

Die Eigenschaften und die Zusammensetzung des Roherdöles sind je nach dem örtlichen Vorkommen überaus verschieden, und wenn auch benachbarte Quellen im großen und ganzen aus ähnlichem Material bestehen, so kann man doch häufig selbst bei nahe aneinander liegenden Bohrlöchern Rohöle finden, welche deutlich wahrnehmbare Unterschiede aufweisen. Die hierbei auftretende Mannigfaltigkeit ist so unendlich groß, daß es unmöglich ist, auf alle diese feinen Abstufungen einzugehen. Es sei daher nur auf die prinzipiellen Unterschiede hingewiesen, nach welchen die Ölfunde in den einzelnen Erdteilen geschieden werden.

Die in Rußland erbohrten Öle sind alle charakterisiert durch ihren Gehalt an Naphthenkohlenwasserstoffen und ihren geringen Gehalt an Paraffin- oder Grenzkohlenwasserstoffen. Infolgedessen zeigen sie eine hervorragende Kältebeständigkeit und beim Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure scheiden sie nur relativ geringe Mengen sog. Säureharze ab (10 bis 12%). Von den russischen Vorkommnissen ist hauptsächlich das von Balachany für die Schmiermittelerzeugung von Bedeutung, denn der Gehalt an schweren Fraktionen, die allein für die Schmiermittel in Frage kommen, ist hier besonders groß. Bei der Destillation lassen sich zunächst leichte Benzine abtrennen, es folgen dann die Kerosine, d. h. die schweren Benzin- und Leuchtölfraktionen, aus denen das Petroleum gewonnen wird, und endlich verbleiben Rückstände, das sog. Masut. Die prozentuale Verteilung dieser Fraktion ist etwa folgende:

3—4% Rohbenzin,
35% Kerosin und 62% Masut.

Bei der weiteren Destillation wird das Masut wie folgt getrennt in:

25% Solaröle,
7,5% Spindelöle,
24% Maschinenöle,
1,5% Zylinderöle,
40% Ölgroudron oder Rückstand,
2% Verlust.

Das naheliegende Feld von Bibi-Eybat zeigt bereits merkliche Abweichungen. Die ersten Fraktionen sind infolge ihres Gehalts an Paraffinkohlenwasserstoffen wesentlich leichter. Dagegen ist das Masut, aus dem ja die Schmierölfraktionen gewonnen werden, wesentlich schwerer und geben beim Behandeln mit Schwefelsäure bedeutend mehr Säureharz.

Das dritte russische Hauptgebiet ist das Feld von Ssurachany. Hier treten Öle zutage, deren Gehalt an leichten Fraktionen besonders hoch ist, während der sog. Harzgehalt fast Null ist.

In dem entfernter liegenden Feld von Grosny sind zwei Arten von Rohöl zu unterscheiden. Das eine ähnelt in vieler Beziehung dem von Bibi-Eybat. Es hat einen großen Benzingehalt und der Harzgehalt des Masuts ist außerordentlich groß (62 %). Charakteristisch ist ferner der wenn auch nur geringe Gehalt (0,12 %) an Schwefel, der in den Bakuer Ölen sonst fast völlig fehlt. Dieser Schwefel verleiht den leichten Fraktionen einen sehr unangenehmen Geruch und bereitet gewisse Schwierigkeiten bei der Raffination der Schmierölfraktion. Das andere bei Grosny vorkommende Rohöl ist zwar von verhältnismäßig niedrigem Gewicht, besitzt aber einen für russische Öle bemerkenswert hohen Gehalt an Paraffin (4 bis 5 %).

Bedeutend mannigfacher und bei weitem schwieriger in ein System zu ordnen sind die Erdölvorkommen in Nordamerika. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheidet man hier zunächst zwei große Gruppen, und zwar:

1. Öle mit Paraffinbasis,
2. Öle mit Asphaltbasis.

Unter Ölen mit Paraffinbasis versteht man solche, welche in der Hauptsache aus Paraffinkohlenwasserstoffen zusammengesetzt sind. Diese Öle sind ferner charakterisiert durch ihren überaus geringen Gehalt an Stickstoff und Schwefel sowie an Asphalt- und harzartigen Substanzen.

Alle diese Eigenschaften wirken zusammen, um die Grundlage für außerordentlich wertvolle Schmieröle zu geben. Diese für die Schmiermittelindustrie bedeutendsten Erdölquellen finden sich in dem sog. appalachischen Gebiet (Pennsylvanien, Westvirginia, East-Ohio und East-Kentucky). Bei der Destillation dieser Rohöle ergeben sich etwa 20 % Rohbenzin (bis 150° C siedend), 45 % Kerosin (von 150 bis 320° siedend). Aus dem Rückstand lassen sich dann noch etwa 12 % Schmieröl, berechnet auf den Gesamtrohölgehalt, gewinnen.

Eine Zwischenstufe zwischen diesen Ölen und denen mit Asphaltbasis bilden die Ölfunde von Ohio und Indiana. Sie enthalten bereits einen größeren Prozentsatz an Naphthenen und zeigen deswegen ein höheres spezifisches Gewicht.

Der Gehalt an Asphalt ist relativ gering, jedoch der an Schwefel (0,35 bis 1,1 %) sehr bemerkenswert. Wie schon erwähnt, machte dieser Schwefelgehalt die Öle anfangs für die allgemeine Verwendung nahezu unbrauchbar, bis die von Frash entdeckten Entschwefelungsverfahren[1]) die Möglichkeit gaben, auch diese Öle in gleicher Weise wie die pennsylvanischen Öle zu verarbeiten.

Schwieriger noch stellte sich die Verarbeitung der Erdöle von Texas und Louisiana, welche in der Hauptsache aus Naphthenen und ungesättigten Kohlenwasserstoffen bestehen, infolgedessen viel harz- und asphaltartige Bestandteile besitzen und durch hohen Schwefelgehalt gekennzeichnet sind. Es sei jedoch bemerkt, daß durch die Fortschritte der Technik, die unter dem Zwange der Rohstoffknappheit gemacht wurden, auch aus diesen Rohmaterialien sehr brauchbare Produkte gewonnen werden.

Das gleiche gilt auch von den in Kalifornien erbohrten Ölen. Dieses sind durchweg typische Erdöle mit Asphaltbasis und niedrigem Gehalt an Grenzkohlenwasserstoffen, viel Naphthenen, sowie aromatischen und ungesättigten Verbindungen. Der beträchtliche Gehalt an Schwefel und Stickstoff, speziell pyridinartiger Körper, ist bemerkenswert.

In den letzten Jahren ist die Suche nach Erdölen immer weiter und weiter ausgedehnt worden und hat sich nach Süden auf Mexiko, nach Norden auf Kanada erstreckt, so daß auch hier eine nicht unbeträchtliche Menge Erdöl gefördert worden ist. Die mexikanischen Funde ähneln denen von Texas, sind also asphaltreich. Die kanadischen Vorkommnise sind relativ arm an Benzin und Leuchtölen, sie bestehen zur Hauptsache aus Naphthenen und aromatischen ungesättigten Kohlenwasserstoffen; der Schwefelgehalt steigt oft bis auf 1 %.

Sind die amerikanischen Erdölgebiete zweifellos die umfangreichsten und für die Welt produktiv bedeutungsvollsten, so interessieren uns vor allen Dingen auch die mitteleuropäischen Fundstätten. Rumänien und Galizien haben uns während des Krieges hinweghelfen müssen über die schwierige Krise in der Brennstoff- und Schmiermittelbeschaffung, und es

---

[1]) Lunge, Zeitschrift für „Angew. Chemie“ 1894, S. 69.

ist ja bekannt, wie der rumänische Feldzug im Hinblick auf diese Frage von der weittragendsten Bedeutung gewesen ist. Bekannt sind auch die Bemühungen der Entente bei ihrem Rückzuge durch Zerstörung der Bohrtürme, Verstopfen der Bohrlöcher und Zerstörung der maschinellen Anlagen, uns dieses für die Technik sehr wichtigen Rohstoffes noch im letzten Augenblick zu berauben.

In dem rumänischen Gebiet lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, und zwar

1. das Gebiet von Policiori und Glodeni, sowie gewisse Teile von Kampina,
2. der andere Teil des Feldes von Kampina und die Felder von Bustenari und Moreni.

Das Rohöl des ersten Gebietes besteht in der Hauptsache aus Grenzkohlenwasserstoffen und enthält bis zu 6 % Paraffin. Der Gehalt an mittleren Fraktionen ist relativ groß (40 bis 60 %). Dagegen wird wenig Benzin gewonnen. Die hieraus hergestellten Schmieröle zeichnen sich durch relativ hohen Paraffingehalt und dadurch bedingten ungünstigen Stockpunkt aus.

Die andere Gruppe der rumänischen Öle zeigt ein höheres spezifisches Gewicht, ist reich an Naphthenen und enthält sehr viel aromatische[1]) und ungesättigte Kohlenwasserstoffverbindungen. Trotz des hohen spezifischen Gewichts enthalten diese Öle mehr Benzin, 23 bis 26 %, gegenüber 15 bis 17 % der paraffinhaltigen. Der Kerosingehalt in den Bustenariölen ist gering. Dagegen lassen sich aus ihnen sehr gute Schmieröle gewinnen, und zwar in günstiger Ausbeute. Sie sind gegenüber den russischen Ölen, denen sie sonst ähneln, vor allem durch ihre hohe Dichte gekennzeichnet.

In Galizien liegen die Verhältnisse ähnlich wie in Rumänien. Auch hier kann man zwischen zwei großen Gruppen unterscheiden; die paraffinreichen Öle von Borislaw-Tustanovice und die paraffinarmen von Schodnica und Krosno. Das ölführende Gebiet erstreckt sich längs der Karpathen von Westen nach Osten in einer Ausdehnung von etwa 400 km. Im wesentlichen bestehen die Rohöle aus Paraffinkohlenwasserstoffen; Naphthene sowie aromatische Kohlenwasserstoffe fehlen jedoch keineswegs. Indessen ist ihr Betrag nicht sehr groß. Es muß aber immer wieder darauf hingewiesen werden, daß die Verschiedenartigkeit der Öle, selbst benachbarter Fundstätten, so mannigfaltig ist, daß eine allgemein gültige Charak-

[1]) Jenö Tausz, Zeitschr. f. ang. Chemie 1919, S. 175. 361.

teristik nicht gegeben werden kann. Ganz allgemein gesprochen stehen die galizischen Öle in der Mitte zwischen den russischen und den amerikanischen Ölen.

Die ostgalizischen Öle mit einem Gehalt bis zu 12 % Paraffin besitzen neben geringem Benzingehalt eine Schmierölfraktion mit hohem Flammpunkt und wenig Asphalt, wohingegen die andere Gruppe, die westlichen paraffinfreien Öle, viel Benzin enthalten und die Schmierölfraktion niedrigen Flammpunkt und hohen Asphalthaltgehalt aufweist. Der Schwefelgehalt der galizischen Öle ist zwar gering, indes sollen bei der Verarbeitung der Öle von Tustanowice im Großbetrieb beträchtliche Mengen Schwefel sich abscheiden, wodurch die Destillationsgefäße stark angegriffen werden.

In den Kriegsjahren haben die galizischen Öle eine erhöhte Bedeutung erhalten. Der größte Teil der verwendeten Destillate stammte aus den österreichischen Provinzen, und die Kriegsschmieröl-Gesellschaft schied seinerzeit streng zwischen den paraffinfreien Destillaten, die kältebeständig sind, und den paraffinreichen, welche oft schon bei Winterkälte salbenartig erstarrten.

Über die in Deutschland selber vorkommenden Ölfunde sei in wenig Worten folgendes bemerkt:

Die Ausbeute ist gering und vermag bei weitem nicht den Bedarf des Landes zu decken[1]).

Die im Elsaß gelegenen Quellen von Pechelbronn sind durch den Friedensvertrag nun in französischen Besitz gekommen und kommen für Deutschland direkt nicht mehr in Frage. Geringe Ölmengen werden bei Tegernsee in Oberbayern und im Hannöverschen bei Ölheim-Wietze gefunden. In ihren Eigenschaften unterscheiden sich diese Öle sehr voneinander. Das spezifisch leichteste ist das Öl von Tegernsee. Es folgt das von Pechelbronn und endlich das Wietzer Öl, welches mit einem Gewicht von 0,900 bis 0,950 besonders hervorsticht. Während das Elsäßer Vorkommen in seinen Eigenschaften mehr

[1]) Es sei hier eine Zusammenstellung eingefügt über die Einfuhr an Mineralöl und Schmieröl im Jahre 1920 (vgl. Seifensieder-Zeitung März 1921):

Im ganzen wird die Einfuhr geschätzt auf 170000 bis 180000 t gegenüber einer Friedenseinfuhr von 260000 t. Davon waren rund 157000 t Mineralöle, wovon 49000 Rohöle, 6100 t Spindelöle, 55500 t Maschinenöle, 10000 t Zylinderöle, 11300 t Asphalt und 24500 t Fette. Durch das sog. Loch im Westen sind schätzungsweise 20000 bis 30000 t hereingekommen. Über Köln sind von Anfang Juli bis Ende 1920 eingeführt: 470 t Spindelöle, 9400 t Maschinenöle und 370 t Zylinderöle.

dem pennsylvanischen Öl gleicht, erinnert das Wietzer Öl in seiner Konstitution an die kaukasischen, naphthenhaltigen Rohöle. Es ist reich an Asphaltstoffen und besitzt eine beträchtliche Fraktion, die als Schmieröl geeignet ist.

Die in den sonstigen Weltteilen vorkommenden Erdölfunde haben für Deutschland nur ein sehr untergeordnetes Interesse, mögen aber der Vollständigkeit halber hier erwähnt sein. Recht bedeutend sind die Vorkommen in Niederländisch-Indien, auf Sumatra, Borneo, sowie in Brit. Indien. Die in Persien und Mesopotamien gemachten Funde haben in der letzten Zeit an Bedeutung gewonnen, ebenso die japanischen. Zum Schlusse sei noch eine Übersicht gegeben über die Produktion an Erdöl im Jahre 1918 und 1919[1]):

Erdölproduktion der Welt.

	1918		1919
	Barrel	in Prozenten	Barrel
Vereinigte Staaten	345500000	66,94	375000000
Rußland	65000000	12,59	25000000[2])
Mexiko	64605400	12,52	75000000
Holländ. Ostindien	13000000	2,52	16000000
Rumänien	2900000	0,56	5500000
Indien	8500000	1,65	8500000
Galizien	6000000	1,16	3000000
Japan und Formosa	2750000	0,53	3000000
Peru	2500000	0,48	3000000
Trinidad	1600000	0,31	1400000
Deutschland	1000000	0,19	—
Argentinien	1000000	0,19	1100000
Ägypten	1000000	0,19	600000
Kanada	300000	0,06	325000
Italien	50000	0,01	—
Übrige Länder	500000	0,10	600000
Gesamtproduktion	516205400		518025000

1 Barrel ca. 159 l entspricht ca. $133^1/_3$ kg.

Demnach scheint es, als ob Amerika in bezug auf die Erdölquellen das absolute Monopol besäße. Daß dem nicht so ist, beweist der kolossale Aufschwung der Shell & Royal Dutsch Gruppe während und nach dem Kriege. Während noch vor

[1]) Bulletin Nr. 15 des Cansas City Testing Laboratory bei Roy Cross, a Handbook of Petroleum, Asphalt and Natural-Gas.

[2]) Über die Erzeugung von Naphtha im Bakugebiet in den letzten Jahren s. Chem. Ztg. 1921. 101. S. 815.

dem Kriege England nur 2 % der Erdölquellen beaufsichtigte, hat es im Laufe der letzten Jahre durch Erwerb der Indisch-Persischen Felder 56 % unter seine Aufsicht gebracht, und rechnet man die südamerikanischen Felder hinzu, welche ebenfalls unter britischem Einfluß stehen, so sind tatsächlich 75 % sämtlicher Petroleumquellen unter der Machtsphäre von Großbritannien. Es ist vorauszusehen, daß diese Überflügelung der amerikanischen, hauptsächlich durch die Standard Oil vertretene Macht, in kurzer Zeit zu einem sehr heftigen Interessenkampf führen muß[1]).

g) Die Gewinnung der Schmieröle.

Das rohe Erdöl, wie es aus dem Erdinnern zutage steigt, ist eine mehr oder minder dicke, mit Wasser nicht mischbare Flüssigkeit, zumeist von dunkler Farbe und eigenartigem, petroleumähnlichen, zuweilen lauchartigen Geruch. Beim Erbohren der Quellen treten häufig neben den entweichenden Gasen noch Wasser und Sand an die Oberfläche. Von diesen läßt sich das Erdöl durch Absetzen in großen Behältern trennen. Sehr schwefelhaltige Rohöle, deren Verarbeitung sich unrationell gestalten würde, werden direkt verfeuert. Die größere Menge jedoch wird den Raffinerien durch sog. Pipe-Lines, das sind Rohrleitungen, die von der Quelle über Hunderte von Kilometern hin bis zu den Verarbeitungsstätten reichen, zugeführt. In den Raffinerien wird das Erdöl auf die mannigfachsten Produkte verarbeitet. Die Aufarbeitung geschieht durch Destillation des Erdöls, und zwar aus Zweckmäßigkeitsgründen in zunächst 3 Hauptfraktionen.

Fraktion 1, bis 150° siedend, ergibt das Rohbenzin. Fraktion 2, von 150° bis 300° siedend, das Leuchtpetroleum. Fraktion 3, über 300° siedend, die Rückstände, auch Petroleumrückstände genannt. In Rußland heißt diese dritte Fraktion Masut, in Rumänien Pacura. Aus ihnen werden durch weitere fraktionierte Destillationen die verschiedenen Schmieröle gewonnen. Die Zusammensetzung des Rohöls an obigen Fraktionen schwankt in weiten Grenzen, wie aus umstehender Tabelle ersichtlich ist[2]).

[1]) U. 1920, S. 67.

[2]) Ost, Lehrbuch der chemischen Technologie, 6. Aufl., S. 353.

Rohöl aus	Spezifisches Gewicht	Benzin	Leuchtöl	Rückstand
Pennsylvanien	0,79—0,82	10—20 %	55—75 %	10—20 %
Galizien	0,82—0,90	5—30 %	35—40 %	30—55 %
Ohio	0,80—0,85	10—20 %	30—40 %	35—50 %
Baku	0,83—0,90	0—5 %	25—35 %	55—65 %
Celle-Wietze	0,88—0,93	0—5 %	10—25 %	70—90 %

Man ersieht hieraus, daß die russischen und deutschen Öle die größten Prozentsätze an Rückstand und damit auch an Schmieröl besitzen.

Die Destillation selber geschieht zumeist bis 300° über offenem Feuer, und zwar entweder periodisch oder in neuerer Zeit meist im kontinuierlichen Betriebe. Zu diesem Zwecke wird das gereinigte vorgewärmte und wasserfreie Öl — man läßt das Wasser im Tank sich möglichst vollkommen absetzen — in walzenförmigen Kesseln über freiem Feuer abdestilliert. Bei den höheren Fraktionen über 300°, die durch die Hitze leicht zersetzt würden, arbeitet man indessen unter Einleiten von überhitztem Wasserdampf und unter Verwendung von Vakuum. Es sei hier darauf hingewiesen, daß die Art, wie die Destillation durchgeführt wird, für die Verwendung wie für die Qualität des resultierenden Produktes von ausschlaggebender Bedeutung ist. Durch stellenweise Überhitzung des Öles treten nämlich tiefgreifende Zersetzungen in der Struktur der Kohlenwasserstoffmoleküle auf; Wasserstoff und kleinere Bruchstücke der Kohlenwasserstoffe werden abgespalten und entweichen als Gase, ein Umstand, der natürlich einen Verlust, sowie eine Verschlechterung des Destillats bedeutet. Die hochsiedenden Produkte werden nämlich in leichter siedende übergeführt und Hand in Hand hiermit geht eine Verminderung der Zähflüssigkeit, wodurch auch der Wert des Produktes beeinträchtigt wird, sofern man es als Schmiermittel verwenden will. Indessen sei darauf hingewiesen, daß unter Umständen gerade eine derartige destruktive — abbauende — Destillation angestrebt wird. Beim sog. Krackingprozeß werden die Öle absichtlich einer höheren Temperatur und länger andauernder Hitzeeinwirkung ausgesetzt. Je nach der Intensität und nach der Dauer der Einwirkung kann man auf leicht siedende Anteile oder auf gasförmige hinarbeiten, ja, beim Durchleiten dieser Gase durch rotglühende Rohre kann man beträchtliche Mengen zyklischer Kohlenwasserstoffe, wie Benzol u. dgl., gewinnen.

Für die Schmiermittel sind nun aber gerade diese Zersetzungsprodukte von äußerst schädlicher Wirkung. Hier wird ein Öl mit möglichst hohem Flammpunkt, hoher Viskosität und gewissen chemischen Eigenschaften gefordert. Es soll ein geringes Verharzungsvermögen aufweisen und beim Säuern mit Schwefelsäure, wie es bei der nachfolgenden Raffination der Öle notwendig wird, soll die Abscheidung von asphaltartigen Stoffen möglichst gering sein. Infolgedessen wird die kontinuierliche Destillation in den meisten Fällen vorgezogen, und zwar unter Anwendung von vermindertem Drucke und von überhitztem Wasserdampf oder sonst eines überhitzten Gases[1]). In Luftkühlern werden die einzelnen Fraktionen nach Siedepunkt und spezifischem Gewicht gesondert aufgefangen und für sich dann weiter verarbeitet. Die Wirkung des überhitzten Dampfes bei der Destillation ist höchst kompliziert und soll hier nicht näher darauf eingegangen werden. Als Ergebnis steht jedenfalls fest, daß durch das Einleiten überhitzter Dämpfe und Gase die Destillationstemperatur eines sonst hochsiedenden Anteils beträchtlich heruntergedrückt wird. Die gleiche Wirkung hat auch die Anwendung des Vakuums. Es ist bekannt, daß bei vermindertem Druck die Siedetemperatur einer Flüssigkeit tiefer liegt, und zwar, je geringer der Druck, um so wirkungsvoller wird die Siedetemperatur beeinflußt. Es ist daher bei modernen Betrieben allgemein üblich, eine, wenn nicht gar beide dieser Methoden zur Anwendung zu bringen, um ein möglichst unzersetztes und dadurch wertvolles Destillat zu erhalten.

Nachdem also die Mengen des Benzins und Leuchtpetroleums abgeschieden — zuweilen werden diese auch nur mit indirektem oder direktem Dampf abgeblasen —, wird der verbleibende Rückstand in gesonderten Apparaten erneut der Destillation unterworfen und nun in Fraktionen von verschiedenem Gewicht und verschiedener Zähigkeit getrennt, und zwar erhält man der Reihe nach: Gasöl — auch Mittelöl genannt —, Spindelöl, leichtes Maschinenöl, schweres

[1]) Nach dieser Methode arbeitet man in Rußland, Rumänien und Galizien sowie in manchen Teilen von Amerika. Speziell für die asphaltreichen amerikanischen Öle eignet sich diese Methode, und diese Öle geben dann fast ebenso gute Schmieröle, wie es die aus russischem Rohöl sind, welche unzweifelhaft allen andern überlegen sind. Die russischen Öle haben nur eine Teerzahl von 0,2 gegenüber 1,1 bis 1,6 der sonstigen Rohöle. Nach dem Erhitzen nimmt diese um 0,72 zu, wohingegen die anderen Öle einen Zuwachs von 1,4% und mehr aufweisen.

Maschinenöl und Zylinderöl, und als letztes, höchstes Konzentrat das natürliche Vaselin. In der Destillationsblase selber verbleibt dann ein harter, pechartiger Rückstand, der sog. Destillationsgoudron. Destilliert man so lange, bis auch die letzten Ölanteile verjagt sind, so erhält man einen gänzlich aschefreien Koks, der für elektrolytische Zwecke sehr geeignet ist.

Die Methode der Destillation richtet sich nach der Art des vorliegenden Rohmaterials. Die russischen naphthenreichen Öle müssen anders behandelt werden als die paraffinreichen pennsylvanischen oder die leicht zersetzlichen Texasöle.

Bei den russischen Ölen, die verhältnismäßig wenig leicht siedende Anteile, also Benzin und Leuchtöl, enthalten, arbeitet man im kontinuierlichen Betriebe mit 10 bis 12 Blasen zugleich, welche zu einer Batterie vereinigt sind. Durch genaue Regelung des Zu- und Abflusses, der Temperatur und des Wasserdampfes läßt sich die Destillation in der Weise führen, daß man nebeneinander leichte und schwere Maschinenöle auffängt, die sich in ihrem spezifischen Gewicht ganz regelmäßig um 0,01 voneinander unterscheiden. Infolge ihres hohen Flammpunktes, ihrer großen Zähigkeit und ihres Mangels an Paraffin gelten die Öle als die vorzüglichsten für die Schmierung schwerer Maschinen. Die daneben anfallenden Zylinderöle sind weniger wertvoll und werden auch nur in kleinen Mengen gewonnen.

In Amerika, dessen Rohmaterial durch seinen Paraffinreichtum von dem russischen chemisch wesentlich verschieden ist, wird auch die Aufarbeitung des Erdöls nach anderen Gesichtspunkten geleitet. Man unterscheidet hier zwischen destruktiver oder zersetzender Destillation und konservierender oder erhaltender Destillation. Bei der ersten wird auf die Gewinnung großer Mengen leichter Fraktionen, wie Gasöl, Benzin und Petroleum, das Hauptgewicht gelegt, und das Schmieröl, ein dünnflüssiges Spindelöl, fällt dabei als Nebenprodukt ab. Der verbleibende Rückstand wird in kleinere Kessel übergeführt und nun nochmals kräftig mit starkem Feuer destilliert. Aus dem von Paraffin befreiten Destillat erhält man ein dünnflüssiges leichtes Maschinenöl. Durch Einleiten von überhitztem Wasserdampf werden solange die noch leicht flüchtigen Anteile abgetrieben, bis das Öl den gewünschten Flammpunkt erreicht hat. Es folgt dann noch eine Raffination mit Schwefelsäure, doch davon später.

Bei der konservierenden Destillation ist man bestrebt, neben dem Benzin usw. zur Hauptsache hochviskose und hoch-

flammende Öle zu erhalten. Nach dem Abtreiben der leichtflüchtigen Produkte mit Wasserdampf erhitzt man weiter unter Vermeidung örtlicher Überhitzungen mit sehr stark überhitztem Dampf von etwa 450°; hierdurch werden Spindelöl und Maschinenöl abgetrennt und als Konzentrat verbleibt ein sehr hochflammendes Produkt, das als Zylinderöl verwendet wird. Ist dieses asphaltarm, so wird es durch Filtration über Fullererde noch weiter gereinigt. Hierbei werden noch die letzten Anteile an Asphalt und die färbenden Substanzen herausgenommen, und man erhält die hellen, filtrierten Zylinderöle, auch „mineral jelly“ genannt. Bei der Behandlung der Konzentrate mit Benzin lösen sich gewisse Teile leicht heraus, man dekantiert von dem breiigen Bodensatz ab und kann auf diese Weise, nachdem man das Benzin abdestilliert, eine Trennung zwischen dem sehr zähen salbenartigen Naturvaselin und dem relativ kältebeständigen Zylinderöl erzielen. Durch nachfolgende Raffination gewinnt man sehr helle Öle und fast reinweiße Vaseline. Nach diesem Prinzip werden vor allen Dingen die pennsylvanischen Rohöle verarbeitet, die hierbei die allerbesten Zylinderöle liefern.

Andere Maßnahmen jedoch verlangen die Öle der Südstaaten, welche durch hohen Kohlenstoffgehalt und durch leichte Zersetzlichkeit ausgezeichnet sind. Man destilliert hier unter Inanspruchnahme sämtlicher Vorsichtsmaßregeln, nämlich unter hohem Vakuum und mit überhitztem Wasserdampf. Auf diese Weise gelangt man zu guten Maschinenölen und zu allerdings dunklen und asphaltreicheren Zylinderölen.

Bei den paraffinarmen Ölen wird zuweilen nur der leichtsiedende Anteil abdestilliert, der Gesamtrückstand alsdann durch Absitzenlassen oder Filtration gereinigt und das so gewonnene dunkle Öl als Vulkanöl oder Eisenbahnachsenöl direkt dem Konsum zugeführt. Nach dem Stockpunkt teilt man diese Öle ein in Sommeröle und Winteröle.

Bei stark paraffinhaltigen Ölen arbeitet man auf die Gewinnung dieses wertvollen Materials hin, und zwar erhält man es durch Ausfrieren. Das paraffinhaltige Öl wird tiefen Temperaturen ausgesetzt, wobei sich das Paraffin in feinen Kristallen abscheidet. Die so erstarrte halbfeste Masse wird durch Filterpressen gedrückt und das Öl hierbei von dem halbfesten „Gatsch“ getrennt. Durch erneutes Anwärmen, sog. Ausschwitzen des Öles und Abpressen unter starkem Druck, wird ein hochschmelzendes, völlig ölfreies Produkt gewonnen, das genau wie die Öle selber noch durch Raffination gereinigt werden

kann. Nicht mit anhydridhaltiger Schwefelsäure gereinigtes, meist aus Erdölen mit viel ungesättigten Verbindungen stammendes Paraffin, vergilbt schnell und gibt stinkende Oxydationsprodukte. Die Raffination findet bei 70° statt, im übrigen verfährt man analog wie bei den Schmierölen. Das Paraffin findet hauptsächlich Verwendung in der Kerzenindustrie, entweder allein oder im Gemisch mit Stearin, als Ersatz für Bienenwachs, für Wachstuch und Wachspapiere und endlich für allerhand Schmieren, Fette, Salben und Bohnermassen.

Die ungeheure Mannigfaltigkeit der Öle, welche sich auf dem Markte befinden, ist dadurch bedingt, daß fast jede Ölquelle, zumindest jedes Ölgebiet ein Material liefert, welches in seiner chemischen Zusammensetzung seinen ganz spezifischen Charakter aufweist. Das bedingt natürlich modifizierte Destillations- und Raffinationsmethoden. So eignen sich die russischen Öle zur Herstellung leichter und mittlerer Maschinenöle, während ostamerikanische Vorkommen ganz vorzügliche Zylinderöle, Vaseline und daneben noch eine sehr gute Ausbeute an Paraffin liefern. Es würde zu weit führen, hier auf alle Einzelheiten der Rohöleignung einzugehen. Ganz allgemein sei folgendes gesagt: Die russischen Erdöle zeichnen sich aus durch gute Schmierwirkung, und zwar speziell die leichten und mittleren Fraktionen; sie sind ferner von großer Kältebeständigkeit, da sie nur geringe Mengen Paraffin enthalten. Teerartige Bestandteile finden sich zu kleinem Prozentsatz darin.

Die nordamerikanischen Felder, im Osten das appalachische in Pennsylvanien und Ohio geben vorzügliche Zylinderöle von hoher Viskosität und hohem Flammpunkt, die mittleren Fraktionen dagegen sind infolge ihres Paraffinreichtums nur wenig kältebeständig. Durch geeignete Fabrikationsmethoden lassen sich auch aus ihnen relativ kältebeständige Öle herstellen. Die Texasöle, die mexikanischen und kalifornischen Öle auf Asphaltbasis verursachen bei der Verarbeitung infolge ihres Schwefelgehaltes gewisse Schwierigkeiten, doch hat man diese durch Behandeln mit Kupfer- und Eisenoxyd, neuerdings durch Behandeln mit starker Schwefelsäure und flüssiger schwefliger Säure zu beseitigen verstanden. Die Kunst des Destillateurs ist es eben, aus dem jeweils vorliegenden Material die besten und wertvollsten Produkte in möglichst großer Ausbeute zu erhalten.

In den wenigsten Fällen nun werden die so erhaltenen Destillate ohne weiteres verbraucht, man unterwirft sie vielmehr einer Reinigung auf chemischer Grundlage, der Raffination

im eigentlichen Sinne. Die Destillate enthalten nämlich noch die ganzen sauerstoff- und schwefelhaltigen Verbindungen, Substanzen vom Charakter organischer Säuren, harz- und asphaltartige Produkte, welche die Öle meist braun bis schwarz färben. Um sie von diesen Stoffen zu befreien, werden die Öle zumeist mit Schwefelsäure raffiniert. Für ganz spezielle Zwecke ist es erforderlich, die bereits vorraffinierten Öle einer nochmaligen intensiveren Raffination zu unterwerfen. So werden in besonderen Fabriken die Transformatorenöle, die Weißöle und das Paraffinum liquidum durch wiederholtes Behandeln erhalten. Es sind nämlich auch in den vorraffinierten Ölen noch immer beträchtliche Mengen von Naphthensäuren und Harze enthalten, die nur durch höchstkonzentrierte Schwefelsäuren und Oleum mit einem Gehalt bis zu 20% Schwefelsäureanhydrid zerstört werden. Auch die im Öl enthaltenen ungesättigten Verbindungen, welche bei langer Verwendung der Öle, durch ständige Berührung mit der Luft und durch Wärme sich polymerisieren und verharzen, werden durch die Säure zerstört. Hierbei entwickelt sich viel schweflige Säure, die teils entweicht, teils sich im Öl löst. Der Behandlung mit Säure folgt eine Nachbehandlung mit alkalischen Mitteln, sei es mit Natronlauge, sei es mit Sodalösung. Hierdurch werden die gesamten sauren Bestandteile, wie Naphthensäuren, Phenole, die entstandenen Sulfosäuren und schließlich die noch im Öl suspendierten Mengen Schwefelsäure herausgenommen. Die praktische Durchführung dieser alkalischen Reinigung ist in der Praxis sehr schwierig, da sich starke Emulsionen bilden, die schwer zu trennen sind, da die entstandenen Seifen sich leicht hydrolytisch spalten und sich wiederum im Öle lösen. Durch gewisse Kunstgriffe, wie Zusatz von Alkohol und Anwendung von Salzlösungen, sucht man diesen Übelständen zu begegnen. Es ist ferner zu bedenken, daß bei der Raffination nicht unbeträchtliche Verluste auftreten, wodurch der Preis solcher sehr hoch raffinierten Produkte außerordentlich steigt. Man wird daher nicht stärker raffinieren, als für den jeweiligen Zweck gerade erforderlich ist, zumal es als erwiesen gilt, daß gerade die schmierfähigsten Anteile bei der Schwefelsäurebehandlung herausgelöst und zerstört werden. Um sehr helle, möglichst geruch- und geschmackfreie Öle ohne Schein zu erhalten, findet eine weitere Behandlung mit Bleicherden statt. Fullererde, Floridin, Moosburgererde und Tonsil sind Gemische von Magnesium und Aluminiumsilikaten, welche infolge ihrer kolloidalen Beschaffenheit die Eigenschaft haben, färbende,

Geruchs- und Geschmackstoffe zu absorbieren. Zuweilen dient auch Blut und Knochenkohle als Adsorbens.

Die Apparatur, in der die Raffination ausgeführt wird, sei kurz skizziert. In der Hauptsache besteht sie aus hohen, stehenden, innen verbleiten Kesseln, den sogenannten „Agitatoren“, welche nach unten zu konisch zulaufen. Gewöhnlich besteht die Anlage aus mehreren übereinanderliegenden Agitatoren. Das Öl wird in das obenstehende Gefäß eingefüllt und unter Durchblasen von Luft läßt man die benötigte Menge Säure zufließen. Um das Öl, speziell wenn es sich um viskosere Öle handelt, auf höhere Temperaturen zu bringen, dienen Dampfschlangen, die am Boden des Gefäßes liegen. Durch ein Rührwerk, meist jedoch durch die eingepreßte Luft, findet eine sehr innige Mischung des Öles mit der Säure statt. Man läßt nun einige Zeit ruhig stehen, wobei sich der Säureteer in der Spitze des Konus absetzt. Das behandelte Öl wird aus einem höhersitzenden Ansatzstutzen seitlich abgelassen und fließt dann in den darunter befindlichen Agitator, worin die Nachbehandlung mit Lauge und das Waschen mit Wasser erfolgt. Bisweilen ist noch ein weiteres Gefäß in das System eingeschaltet, in welchem das Öl mit Erde behandelt wird. Das fertige Öl wird dann durch Filterpressen von der Erde befreit und in Vorratstanks nach Qualitäten gesondert aufbewahrt.

Neben dieser Reinigung mit Schwefelsäure hat man auch auf andere Weise versucht, das Mineralöl zu raffinieren. Bekannt geworden ist die Reinigung nach Edeleanu mit flüssiger schwefliger Säure in der Kälte bei —10°. Hierbei werden aus dem Gemisch die ungesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffe in Lösung gebracht und können auf diese Weise entfernt werden. Von anderen chemisch wirksamen Reagentien seien erwähnt: Chlor, Salpetersäure, Schwefeltrioxyd, Chromoxyd, Permanganat, Aluminiumchlorid, Zinkchlorid, Zinkstaub und Wasserglas.

Ferner existieren noch einige Verfahren, die bezwecken, durch Zusatz gewisser Lösungsmittel die Asphaltstoffe zur Abscheidung zu bringen. Doch sind diese Versuche bisher alle ohne technische Bedeutung geblieben, da die hierzu notwendigen Lösungsmittel, wie Amylalkohol, Benzin, Azeton, Eisessig, Tetrachlorkohlenstoff usw., viel zu teuer sind, um eine ökonomische Ausnutzung der Verfahren zu erreichen.

Der Grad der Raffination, der dem Verwendungszweck angepaßt wird, läßt sich durch die Menge, Stärke der Säure sowie

durch die Temperatur und die Dauer der Einwirkung in den weitesten Grenzen modifizieren. Ein allgemeines, wenn auch nicht bindendes Kriterium ist die Farbe des Öles und sein Gehalt an organischen Säuren. Jedoch ist bei Beobachtung des Farbtones stets zu bedenken, wie hell das Ausgangsmaterial bereits gewesen ist. So kann unter Umständen ein schwach raffiniertes Öl aus einem hellen Rohöl besser erscheinen, als ein hoch raffiniertes Produkt aus einem dunklen Öl. Hierbei ist auch noch zu bedenken, daß ein Behandeln mit Erde die Farbe sehr wesentlich verbessern kann. Weiterhin lassen sich durch die Raffination noch folgende Veränderungen des Destillates feststellen. Das spezifische Gewicht nimmt bei der Raffination ab, und zwar um so stärker, je höher der Gehalt des Rohöls an hochmolekularen, ungesättigten Verbindungen und Asphaltstoffen ist. Bei der Herstellung von Weißölen fällt beispielsweise das Gewicht von 0,905 auf 0,885. Der Flammpunkt ändert sich meist wenig, steigt bei den schweren Destillaten etwas an, weil durch die Säure die leichteren Anteile besser herausgelöst werden. Die Zähigkeit nimmt meist beträchtlich ab, und zwar um so mehr, je viskoser das Ausgangsmaterial war. Die Wirkungen der absorbierenden Stoffe, also des Floridins und der Fullererde, sind folgende: Da die Hydrosilikate vorzüglich die färbenden Stoffe aufnehmen, sowie die dunkelfarbigen Harz- und Asphaltstoffe, so tritt eine starke Aufhellung in der Farbe ein. Ferner werden auch die ungesättigten und die aromatischen Verbindungen, die Naphthensäuren, Stickstoff- und Schwefelverbindungen und die festen Paraffine aufgenommen, wohingegen die hochviskosen Kohlenwasserstoffe unverändert im Öl verbleiben, ein Umstand, der für die Praxis natürlich von außerordentlicher Bedeutung ist. Werden durch die Behandlung mit Bleicherden die festen Paraffine herausgenommen, so steigt die Viskosität, handelt es sich dagegen um die Beseitigung der Asphalte, so ist ein Abfall der Zähflüssigkeit zu beobachten.

Aus der Art der Herstellung und der Behandlung ergeben sich naturgemäß die Unterschiede zwischen Destillaten und Raffinaten. Durch die Destillation wird der chemische Charakter des Ölmoleküls nur insofern geändert, als durch die Erhitzung die sehr labilen Verbindungen zerfallen. Zweck der Destillation ist in der Hauptsache eine Scheidung in einzelne Fraktionen von den leichtsiedenden bis zu den schwerflüchtigsten, wobei die Individuen des sehr komplizierten Ölgemisches nur unwesentlich verändert werden sollen. Demzufolge enthalten die Destillate ein durch gewisse Siedegrenzen umschlossenes

Gemisch, aber noch die gesamten Sauerstoffverbindungen, Phenole und Säuren, die stark ungesättigten Verbindungen und die asphalt- und harzartigen Substanzen. Diese letzten erleiden bei der Schmierung, also wenn das Öl mit Metall und Luft in Berührung kommt, wesentliche Veränderungen und machen das Schmiermittel durch ihr Verharzen und die Bildung von Rückständen für manche Verwendungszwecke unbrauchbar.

Bei der Raffination hingegen ist durch die Einwirkung der konzentrierten Säure und das Behandeln mit Lauge einerseits sowie mit Erde andrerseits eine tiefgreifende chemische Umwandlung im Ölmolekül vor sich gegangen, so daß das Raffinat ein chemisch gereinigtes Produkt darstellt. Die ungesättigten Verbindungen werden chemisch energisch verändert, die Sauerstoffverbindungen zum Teil in wasserlösliche Form übergeführt und beseitigt, die harzartigen und asphaltösen Produkte als feste Massen abgeschieden, so daß das gut raffinierte Öl die beim Destillat beschriebenen Nachteile nicht mehr zeigen soll. Es wird dagegen bei der Prüfung der Raffinate darauf zu achten sein, daß die letzten Spuren der verwendeten chemischen Agentien, wie Säuren und Laugen, völlig entfernt sind. Raffinate dürfen weder Mineralsäuren noch Spuren von Salzen enthalten. Über die Prüfung und Untersuchung der Raffinate siehe in Kapitel II, Seite 97ff. Anschließend sei kurz über die bei der Raffination abfallenden Nebenprodukte folgendes erwähnt:

Die sauren Abfälle bestehen zur Hauptsache aus unverbrauchter Schwefelsäure, Schwefeldioxyd und zersetzten schmierölartigen Verbindungen. Sie werden entweder auf die Wiedergewinnung der Schwefelsäure oder auf die Gewinnung des sogenannten Säuregoudrons, welcher bei der Walzenfettbrikettfabrikation und als Asphaltersatz verwendet wird, verarbeitet. Eine wirklich brauchbare und ökonomische Verwendung hat man bisher für dieses Produkt noch nicht gefunden.

Aus den alkalischen Ablaugen bemüht man sich durch Aussalzen und andere Verfahren die Naphthensäuren und Naphthasulfosäuren zu isolieren, welche dann zu Seifen, wasserlöslichen Ölen und zu Fettspaltungsmitteln umgearbeitet werden.

B. Aus Schiefer, Braunkohlen, Steinkohlen und ähnlichen Rohmaterialien gewonnene Produkte.

a) Das schottische Schieferöl.

Während die im vorigen Abschnitt genannten Produkte als solche gewonnen und nur durch chemische Verfahren veredelt und dem Gebrauch zugeführt werden, sollen nachfolgend noch einige Produkte beschrieben werden, die erst durch Erhitzung, sei es von Schiefer, sei es von Braunkohle, von Steinkohle oder Torf gebildet und dann weiterhin auf Schmiermittel verarbeitet werden.

Bereits auf Seite 2 wurde erwähnt, daß ein erdölähnliches Produkt im Jahre 1847 durch Destillation der schottischen Schiefer gewonnen wurde. Die Hauptfundstellen dieser Schiefer liegen zwischen Edinburg und Glasgow[1]). — Die organische Substanz in den Ölschiefern rührt wahrscheinlich aus dem sog. Sapropel her, das ist der Faulschlamm, der sich aus den Kleinlebewesen in den Lagunen und anderen seichten Gewässern ablagert. Das Öl selber wird gewonnen, indem man den Schiefer in geeignet konstruierten Retorten destilliert. Überhitzung soll möglichst vermieden werden; die Zersetzung selber geht wie folgt vor sich: es gehen sehr bedeutende Mengen flüchtiger Stoffe über, welche kondensiert werden, während der mineralische Teil des Schiefers in der Retorte zurückbleibt. Die flüchtigen Bestandteile bestehen aus:

I. nicht kondensierbaren Gasen, welche zu Heiz- und Leuchtzwecken verwendet werden;

II. Wasser, das beträchtliche Mengen Ammoniak enthält und das auf Ammonsulfat verarbeitet wird;

III. einer dicken braunen teerigen Masse, dem sog. Schieferrohöl.

In der Retorte verbleibt der Rückstand, welcher zu $^3/_4$ aus Tonerde und Kieselsäure besteht, wofür keine Verwendung besteht und deswegen auf Halden zusammengetragen wird.

Das Ammoniakwasser spielt für die Schieferschwelerei insofern eine bedeutende Rolle, weil nur hierdurch der ganze Betrieb rentabel gestaltet werden kann. Zurzeit werden in Schottland jährlich etwa 800 000 t Schiefer verschwelt, aus denen insgesamt 60 000 t Ammoniumsulfat erzeugt werden, dessen Wert den des erzeugten Öles weit übersteigt.

---

[1]) Lubricating oils, fats and greases by George H. Hurst. Third revised Edition.

Die im Rohöl gefundenen Bestandteile sind sehr mannigfach, und zwar sind es:

I. Paraffine von C_4H_{10}—$C_{30}H_{62}$,
II. Olefine von C_4H_8—$C_{20}H_{40}$,
III. Azetylene C_nH_{2n-2},
IV. aromatische Kohlenwasserstoffe, Benzol, Naphthalin und Anthrazen, nur wenig Pyren, Chrysen indes in größeren Mengen.
V. stickstoffhaltige Basen, speziell Ammoniak und Pyridin,
VI. sauerstoffhaltige Körper, Säuren und Phenole,
VII. schwefelhaltige Körper, im Öl selber wurde ca. 0,028 % S gefunden.

Durch die chemische Behandlung mit Säuren und Alkalien werden die schädlichen Bestandteile, wie ungesättigte Verbindungen, Sauerstoff- und Schwefelverbindungen, entfernt und die wertvollen Kohlenwasserstoffverbindungen verbleiben. Durch die Destillation erhält man aus dem Rohöl nach Gewicht und Siedepunkt folgende Fraktionen:

3— 5 % Leichtbenzin,
20—25 % Leuchtöl (0,78—0,83),
15—20 % Gasöl (0,84—0,87),
15—20 % Schmieröl (0,865—0,910),
10—14 % Paraffin,
2— 3 % Nebenprodukte, Elektrolytkohle usw.,
25—30 % Gas, Wasser und Verluste.

Der Wert des Öles einerseits und die Wirtschaftlichkeit des Entparaffinierungsverfahrens andererseits ist wesentlich abhängig von der vollkommenen Trennung des Öles vom Paraffin. Es sei bemerkt, daß das spezifische Gewicht des paraffinfreien Öles wesentlich höher ist als des paraffinhaltigen. Das Hauptkriterium für den Gehalt an Paraffin ist jedoch der Stockpunkt.

Das Rohöl wird zunächst verschiedenen Manipulationen unterworfen, es wird erneut destilliert und in Öl und Koks getrennt. Dieses zweimal destillierte Öl wird alsdann chemisch behandelt, und zwar zuerst mit Schwefelsäure, um die basischen Bestandteile sowie die harzigen Substanzen herauszunehmen; alsdann wird mit Laugen nachbehandelt, um wiederum die sauren Bestandteile zu entfernen. Das so auf chemische Weise gereinigte Öl wird nun ein drittes Mal destilliert und in drei Fraktionen geschieden:

I. ein leichtes Destillat, vom spez. Gew. ca. 0,76, grüne Naphtha,

II. ein mittleres Destillat, genannt zweimal destilliertes Leichtöl,

III. ein zähflüssiges dunkelgefärbtes Öl, das sog. Grünöl,

IV. Koks, der in der Blase verbleibt.

Das unter II. genannte doppelt raffinierte Leichtöl wird nochmals mit Säure und Lauge raffiniert und durch Destillation in verschiedene Brenn- und Putzölsorten getrennt. Ebenso wird das Grünöl stark gekühlt und durch Filtration oder Abpressen vom Paraffin geschieden. Das so abgepreßte Öl heißt dann Blauöl und wird durch erneutes Destillieren in die für uns wichtigen Schmieröle zerlegt.

Das aus den Filterpressen ablaufende Öl (Blauöl) wird nun noch einer weitgehenden Reinigung und Trennung durch Raffination unterworfen. Bei der Destillation entstehen zunächst ein leichtes Waschöl, sodann ein Brennöl (Mineralcolza) und endlich eine Reihe von Schmierölen, welche mit steigender Destillationstemperatur ein höheres spezifisches Gewicht aufweisen. Zuweilen werden diese Fraktionen nochmals einer chemischen Reinigung unterzogen und womöglich noch am Lichte gebleicht, um dann erst als Schmieröl in den Handel zu kommen.

Die schottischen Schieferöle sind von recht guter Beschaffenheit, der Flammpunkt ist hoch und auch die Zähflüssigkeit ist nicht schlecht und geht mit dem spezifischen Gewicht parallel. In chemischer Beziehung bestehen die Schmieröle zu 80 bis 90% aus Olefinkohlenwasserstoffen, und demzufolge ist auch die Schmierwirkung eine sehr günstige. Für Deutschland kommen natürlich diese Öle kaum in Betracht, da von England nichts oder nur sehr wenig eingeführt wird. Ich habe jedoch geglaubt, diese Art von Ölen erwähnen zu müssen, weil auch in Deutschland, wenn auch nur unbedeutende Funde ähnlicher Art gemacht worden sind.

In Messel bei Darmstadt wird seit 1885 ein 150 m mächtiges Lager ausgebeutet mit einer Produktion von ca 13000 t Öl. Die Aufarbeitung des Materials ist dem schottischen ganz ähnlich. Die Ausbeute beim Verschwelen ist wie folgt: 6 bis 10% Öl, 40 bis 45% Wasser, 40 bis 45% Rückstand[1]).

[1]) Über den Württembergischen Ölschiefer mit ca. 16% Bitumengehalt berichtet Gaißer in der Chem. Ztg. 1921, S. 837 ausführlich.

b) Braunkohlenteeröle und Montanwachs.

Nun finden sich ferner in Deutschland bedeutende Mengen Braunkohlen, ein Material, das gleich den schottischen Schiefern verarbeitet werden kann und zu ganz ähnlichen Produkten führt.

Die Braunkohle findet sich in der Hauptsache in Sachsen um Bitterfeld und Weißenfels, in der Lausitz bei Senftenberg, ferner im Erzgebirge. Die Fundstellen liegen oft dicht unter der Erdoberfläche, so daß die Kohle im Tagebau gewonnen werden kann. Sie enthält meist viel Wasser (40 bis 60⁰/₀) und viel Asche, so daß ihr Heizwert nur gering ist, wertvoll ist jedoch ihr Gehalt an bituminösen Substanzen. Braunkohlen mit hohem Bitumengehalt werden auf Paraffin und erdölähnliche Produkte verarbeitet. Das bekannteste Unternehmen dieser Art sind die Riebeckschen Montanwerke[1]).

Die Verarbeitung der Braunkohle ist der des schottischen Schiefers analog und ist in wenigen Worten folgende: Nachdem man ursprünglich in der Weise arbeitete, daß wenig Teer und viel Grudekoks erzeugt wurden, arbeitet man heute, nachdem das Bedürfnis eingetreten ist, in der Art, daß in der Hauptsache Teer erzeugt wird und der verbleibende Koks nur als brauchbares Nebenprodukt anzusehen ist. Bei der Schwelerei wird heute prinzipiell so verfahren, daß die Destillationsprodukte möglichst kurze Zeit der Hitze ausgesetzt sind. Man arbeitet daher unter Druckverminderung bei möglichst niedriger Temperatur. Die Schwelzylinder sind derartig konstruiert, daß die Heizfläche möglichst groß ist und also die Dämpfe tunlichst rasch aus der Retorte fortgeführt werden. Die sich entwickelnden Gase und Dämpfe werden abgesaugt und möglichst gut kondensiert. Es fließt ferner ein sehr dicker, schlecht riechender Teer ab, während ein feinpulveriger Koks, der sog. „Grudekoks“, übrigbleibt. Letzterer wird an Ort und Stelle, teilweise auch in den Haushaltungen in den Grudeöfen verfeuert und entsprechend der Nachfrage nach diesem Heizmaterial wird die Destillation geleitet. Je stärker und intensiver die Verschwelung, um so höher die Koksausbeute und um so geringer der Ertrag an Öl.

[1]) Ausführliches über die Verarbeitung, Entwicklung und die Neuerungen auf dem Gebiete der Schwelteere von Braunkohle, Schiefer, Holz und Torf findet man in Nr. 53 der Zeitschrift für angew. Chemie 1921, die der deutschen Mineralölindustrie gewidmet ist.

Das Rohöl wird der Destillation und der chemischen Reinigung unterworfen. Die Destillation wird im Vakuum und mit Wasserdampf vorgenommen, um auch hier eine Zersetzung möglichst zu vermeiden. Den Hauptanteil bei diesem Rohprodukt bilden leichte benzinartige Fraktionen sowie das Paraffin. Der Anteil an Schmierölfraktionen ist relativ gering, fällt aber bei der heutigen Schmierölknappheit immerhin ins Gewicht.

Charakteristik dieser Öle. Die Braunkohlenteeröle sind von den Erdölen wesentlich unterschieden durch ihren Gehalt an Phenolen und Kresolen. welche dem Öle durch Waschen mit Lauge entzogen werden müssen. Nachweis durch die Diazoreaktion S. 111. Das spezifische Gewicht ist meist höher wie bei den Erdölen, infolge des höheren Gehalts an schweren Kohlenwasserstoffen. Auch die Jodzahl ist hoch, 20 bis 70 nach Hübl, weil der Gehalt an ungesättigten Verbindungen bedeutend ist. Der Schwefelgehalt aber kann Werte von 0,7 bis 1,4 % erreichen.

Aus allen diesen Kriterien kann schon ersehen werden, daß die Braunkohlenteeröle in der Qualität den Erdölen wesentlich nachstehen. Die Destillate, leichte Paraffinöle, sind nur als Gasöle, Putzöle und Spindelöle zu verwenden. Schwerere Destillate, z. B. Rositzer Öl, werden nur in geringen Mengen gewonnen und für Schmierzwecke verbraucht. Ferner wird ein rotes oder rotbraunes Öl in geringen Mengen gewonnen, sog. Fettöl. (Gewicht 0,890 bis 0,905.) Dieses ist zur Herstellung feinerer Schmiermittel verwendbar; dient zuweilen auch als Gasöl. — Aus den schweren Paraffinölen wird dann noch von manchen Fabriken ein Schmieröl hergestellt. Infolge seines relativ hohen Paraffingehaltes ist es den Mineralölen nicht gleichwertig. Sein spezifisches Gewicht beträgt 0,880 (s. Scheithauer, „Die Schwelteere". 1911. Chem. Techn. in Einzeldarst.).

Beim Behandeln der Braunkohlen mit Lösungsmitteln wird das Bitumen extrahiert. Dieses Bitumen enthält ein Estergemisch, das unter dem Namen „**Montanwachs**" bekannt ist. Nach den neuesten Untersuchungen von Pschorr und Mitarbeitern[1]) besteht das Montanwachs aus Harz, freier Montansäure (17 %), Estern der Montansäure mit aliphaten Alkoholen (ca. 53 %) und etwa 30 % Körpern unbekannter Zusammensetzung. Dieses Produkt hat während des Krieges eine nicht geringe Bedeutung, zumal als Grundlage für die Herstellung konsistenter Fette, erlangt. Braunkohlen mit hohem Bitumen-

---

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie, 1921, S. 334. Ber. **53**, 2147 (1920).

gehalt werden mit verschiedenen Lösungsmitteln extrahiert, und zwar werden hierzu verwendet: Benzol oder Mischungen von Benzol und Alkohol D.R.P. 305 349 sowie Gemische von Benzol mit Azetonölen D.R.P. 325 165. Man versucht die Kohlen vor der Extraktion möglichst vollständig zu trocknen, damit das Lösungsmittel recht gut benetzt. Infolge des noch stets vorhandenen Wassers wird eine quantitative Ausbeute nie erzielt. Höhere Ausbeuten lassen sich zwar durch Druckextraktion bewirken, doch ist diese Methode technisch schwer durchführbar.

Um das Montanwachs zu raffinieren, wird entweder mit überhitztem Wasserdampf destilliert oder das mit Wachs und Paraffin verdünnte Produkt wird mit Schwefelsäure und Bleicherde behandelt. Als Schmiermittel findet das Montanwachs hauptsächlich zur Herstellung minderwertiger Fette und von Walzenfettbriketts Verwendung.

Die chemische Zusammensetzung des Montanwachses ist sehr kompliziert, eingehende Untersuchungen haben Marcusson und Smelkus[1]) hierüber angestellt. Neben Säuren und Estern sind unverseifbare und harzartige Körper im Montanwachs vorhanden. Die Säuren und Harze verleihen den aus dem Montanwachs hergestellten Produkten Eigenschaften, die als Verharzen und Hartwerden speziell bei den Fetten unrühmlichst bekannt sind.

Nur bei Braunkohlen mit hohem Bitumengehalt lohnt eine Verarbeitung auf Montanwachs, während die minderwertigen verschwelt werden. Durchschnittlich gibt eine mittlere Braunkohle beim Verschwelen 50 bis 60 % Wasser, 25 bis 35 % Koks und 5 bis 10 % Teer, dazu Gase und Verluste. Zuweilen ist die Teerausbeute noch unter 10 %, die Rentabilität des Verschwelens richtet sich dann nach dem Preise des verbleibenden Grudekoks. Bei der Aufarbeitung des Teeres auf seine Bestandteile werden mineralölartige Produkte und Paraffin gewonnen, wobei auf 10 bis 15 % Paraffin ca. 55 bis 60 % Photogen und Benzin, Gasöl und Putzöl entfallen, deren spezifisches Gewicht von 0,825 hinaufgeht bis 0,900 oder 0,920 bei den schwersten Fraktionen. Da man beim Raffinieren mit Säuren und Laugen große Verluste zu verzeichnen hatte, so hat man jüngst versucht, die Harze und Kreosote mit 90 %igem Alkohol in der Kubiersky-Kolonne zu extrahieren und scheint damit gute Resultate erzielt zu haben.

[1]) Chem. Ztg. 1917, 41, S. 129 und 150.

Vom wissenschaftlichen Standpunkt interessant und für künftige Zeiten vielleicht bedeutungsvoll sind die Patente von Harries, Albrecht und Koettschau[1]) über die Anlagerung von Ozon an die Doppelbindungen der Kohlenwasserstoffe in den Braunkohlenteergasölen, ihre Aufspaltung durch Alkalien in fettsaure Seifen, welche technische Verwendung finden könnten, ferner die Oxydation der Kohlenwasserstoffe zu Fettsäuren. Vorläufig haben diese Verfahren allgemein technische Bedeutung noch nicht erlangt.

Anschließend eine Tabelle der Eigenschaften von Braunkohlenteerölen, entnommen dem Graefeschen[2]) Laboratoriumsbuch S. 127. 129.

Art des Öles	Spez. Gewicht ×1000	Siedebeginn °C	Destillate bis 150° %	bis 200° %	bis 250° %	bis 300° %	Englergrad bei 20°	Flammpunkt °C P. M.	Brechungsexponent bei 17,5°	Jodzahl (Hübl)	S. %
Braunkohlenbenzin	800—820	136	7	94	100	—	0,98	29	1,460	—	0,73
Solaröl	820—835	136	4	84	100	—	1,00	35	1,469	77	0,83
Putzöl	845—870	189	—	4	95	100	1,1	66	1,485	—	0,70
Gelböl	—	204	—	—	68	96	1,21	82	1,490	—	0,76
Rotöl	—	207	—	—	34	81	1,25	85	1,497	—	0,86
Gasöl	875—900	201	—	—	30	78	1,4	86	1,505	63	1,36
Schweres Paraffinöl	900—930	228	—	—	2	16	3,45	103	1,513	52	0,99

c) Schmierölartige Produkte aus Steinkohle.

1. Die Teerfettöle.

Unter dem Zwange der Not ist es der Technik auch gelungen, aus der für die Wirtschaft so unentbehrlichen Kohle Material für die Schmiermittelfabrikation zu gewinnen. Bekanntlich wird die größte Masse der Steinkohlen im Koksofen und in der Gasretorte destilliert und erleidet bei den hier vorkommenden hohen Temperaturen tiefgreifende Zersetzungen. Aus dem hierbei anfallenden Teer hat man das zähflüssige Anthrazenöl herausgegriffen, um es auf Schmiermittel zu ver-

[1]) Chem. Ztg. 41, 1917, S. 171.

[2]) E. Graefe, Laboratoriumsbuch für die Braunkohlenindustrie. Verl. Knapp, Halle.

arbeiten. Durch geeignete Manipulationen, wie Abkühlen und Abfiltrieren, werden die festen Bestandteile entfernt und aus dem verbleibenden Öl werden dann Schmiermittel gewonnen, welche im Kriege wenigstens einige Bedeutung erlangt haben. Die Teerfettöle sind ein Gemisch von flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen der Anthrazen- und Phenanthrenreihe. Bei einer Ausbeute von jährlich 1500000 t Kokerei- und Gasteer können ca. 150000 t Teerfettöl gewonnen werden. Durch gewisse Verfahren hat man es verstanden, die an und für sich dünnflüssigen Öle in viskosere Öle zu verwandeln. Ich erwähne hier das Meiderol der Gewerkschaft Duisburg-Meiderich und das Rütgersol der Rütgerswerke Berlin. Speziell für Wagenschmiere und Achsenöle finden diese zum Verdicken neigenden und durch ihren Geruch wenig angenehmen Öle Verwendung. Für alle feinen Maschinenschmierungen sind die Teerfettöle wenig geeignet, für Kältemaschinen nicht infolge ihrer geringen Kältebeständigkeit, für Transformatoren nicht, weil sie die Wicklungen der elektrischen Leitungen angreifen.

Unter Russinol versteht man ein Teerfettöl, das durch Zusatz von feinverteiltem Ruß, der wie Graphit wirken soll, erhöhte Schmierkraft besitzt und vor jenem den Vorzug haben soll, nicht so schnell zu Boden zu sinken.

Von L. Singer, Düsseldorf, existiert ein Patent (D.R.P. 303786), um auch kältebeständige Teerfettöle herzustellen, und zwar durch Zusatz von solchen Mineralölanteilen, die durch Behandeln mit schwefliger Säure gewonnen wurden. Diese besitzen ein großes Lösungsvermögen für die festen Anthrazenanteile. Man erhält so Teeröle mit einem Stockpunkt von — 5°. Wieder andere Verfahren bezwecken, das Anthrazenöl viskoser zu machen. Dies wird bewirkt teils durch Erhitzen unter Druck, teils unter Durchleiten von Luft. Z. B. erhält man bei 200° unter Durchleiten von Luft bei Gegenwart von 1 bis 2% Schwefel unter Entweichen von Schwefelwasserstoff ein verdicktes Produkt, das als Wagenschmiere Verwendung findet[1]).

2. Der T-Teer.

Aus der Erkenntnis heraus, die man bei der Verarbeitung von Erdöl gewonnen hat, nämlich, daß lange und dauernde Einwirkungen von hohen Temperaturen Zersetzungen der or-

[1]) Umschau, März 1921. Nach Schreiber. Zeitschr. f. angew. Chemie 1921, S. 425, sind aus Steinkohlen im Jahre 1918 über 50000 t Schmieröl hergestellt worden, davon hat die Eisenbahn 15000 t bezogen.

ganischen Substanz bewirken, versuchte man auch bei der Vergasung der Kohlen ähnliche Prinzipien zur Geltung zu bringen. Dem Bemühen einer Reihe von Forschern ist es denn auch gelungen, durch eine geeignete Behandlung recht wertvolle Produkte aus diesen „schwarzen Diamanten“ zu erhalten. Prof. Dr. Franz Fischer, Dr. Gluud und ihre Mitarbeiter haben sich vor allen verdient gemacht, in dieses Gebiet mit wissenschaftlichen Methoden Klarheit gebracht zu haben. Zwar hatten die Coalite Gesellschaft in England und auch einige andere Firmen bereits vor dem Jahre 1914 in dieser Richtung Versuche gemacht, doch dürften für Deutschland die Forschungen von Fischer immerhin für die Zukunft Bedeutung gewinnen. Da bereits gewisse Mengen von diesen aus Steinkohlen gewonnenen Schmiermitteln auf den Markt gekommen sind, so sei hier ganz kurz einiges über die Gewinnung des sogenannten Urteers oder Tieftemperaturteers, kurz T-Teers, gesagt.

Um nicht ein zu großes Literaturmaterial heranziehen zu müssen, halte ich mich im folgenden an die zusammenfassende Abhandlung: Die Tieftemperaturverkohlung der Steinkohle von Gluud. Ausführliche Literatur findet sich in den Gesammelten Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, Bd. I—IV.

Die Erfahrung, daß sich in der Kohle Produkte gewinnen lassen müssen, die mineralölartigen Charakter haben, ist bereits durch die Arbeiten von Börnstein, Pictet und Wheeler gemacht worden. Es fehlte jedoch sowohl an geeigneten Verfahren, am technischen Ausbau sowie an einer tieferen wissenschaftlichen Grundlage, um hier rationell weiterarbeiten zu können und die erlangten Kenntnisse wirtschaftlich auszubeuten. Durch die bereits erwähnten Anstrengungen der Coalite Gesellschaft in England, vor allem aber durch die am Kohleforschungs-Institut in Mühlheim-Ruhr ausgeführten Arbeiten ist die Grundlage für die Entwicklung dieses Industriezweiges gegeben worden (vgl. Ges. Abhandl. zur Kenntnis der Kohle, Bd. I—IV). Zum Unterschied vom gewöhnlichen Steinkohlenteer hat man den auf die neue Art gewonnenen Produkten besondere Namen gegeben. Man spricht von Urteer, Primärteer, Tieftemperaturteer, auch T-Teer. Dieser letzte Name scheint jetzt allgemein anerkannt worden zu sein.

Die Gewinnung von T-Teers. Wenn man also die Kohle bei Temperaturen, die niedriger liegen als wie sie im Koksofen und in der Gasretorte sind, destilliert, so erhält man folgende Produkte: T-Teer, Halbkoks, Teerwasser und Gas. Nur der T-Teer ist für uns von Interesse, weil ja aus ihm die Schmieröle ge-

wonnen werden. Die Ausbeute an T-Teer ist etwa doppelt so groß wie die an gewöhnlichem Steinkohlenteer. Die chemische Zusammensetzung der beiden Teerarten weicht wesentlich voneinander ab, und zwar zeigt der T-Teer im chemischen Aufbau ähnlichen Charakter wie die Mineralöle und wie die Produkte, welche man durch Extraktion mit Lösungsmitteln aus Steinkohle gewonnen hat.

Die Vorgänge, die bei der gewöhnlichen Destillation der Steinkohle vor sich gehen, sind außerordentlich kompliziert. Polymerisation der zersetzten labilen Verbindungen sowie Abspaltung von Wasserstoff dürften die Hauptrolle spielen. Man darf sich den Zerfall etwa nach folgendem Schema vorstellen:

Paraffine⟶Olefine⟶Diolefine⟶aromatische Kohlenwasserstoffe
|
Naphthene⟶aromatische Kohlenwasserstoffe.

Gelingt es aber, die Temperatur zu regulieren, daß Hitzegrade vermieden werden, bei welchen aus den Diolefinen und Naphthenen aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen, so ist damit ein ganz neues Gebiet zur Gewinnung der in der Steinkohle vorgebildeten Stoffe erschlossen. Die Lösung dieses Problems fand Fischer, indem er in einer rotierenden Trommel arbeitete, dergestalt, daß er von außen mit Gas heizte, wobei die an der Wand befindlichen Kohleteilchen durch die Rotation der Trommel stets wieder aus der heißen Zone entfernt wurden. Nach einer Entbindung von Kohlensäure setzt bei etwa 450° die eigentliche Destillation ein, welche bis maximal 600° getrieben wird. Neben T-Teer geht viel Wasser über, das sich nur schwer vom Teer trennen läßt. Man schüttelt entweder mit Salzwasser aus oder besser noch, man fängt in getrennten Vorlagen auf, indem man den Teer erst über 130° kondensiert, er enthält dann nur wenige Prozent Wasser. Im großen hat sich das Prinzip der rotierenden Trommel bisher noch nicht durchführen lassen und dürfte auch ökonomisch nicht voll befriedigen. Wichtig ist vor allen Dingen, wie die großen Mengen Halbkoks, welche in der Retorte verbleiben, verwendet werden können. Hiervon hängt die Preisgestaltung des Öles und somit auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ab.

Bei der Gewinnung des Generatorteers nun liegen die Verhältnisse so, daß durch einige geringfügige Änderungen in der Konstruktion der Generatoren man einen Teer gewinnen kann, welcher als T-Teer anzusprechen ist. Der bisher anfallende feste Generatorteer war ein lästiges Nebenprodukt, für das

man keine Verwendung hatte. Gelang es nun also, den eigentlichen Teer rechtzeitig aus der heißen Zone zu entfernen, so mußte man zu einem T-Teer gelangen. Durch Einbau von Röhren, in denen die hinabgleitenden Kohlen von den heißen Generatorgasen nur umspült werden, ist es die Firma Ehrhardt und Sehmer in Saarbrücken gelungen, die Teerdämpfe möglichst schnell unzersetzt den Öfen zu entziehen und so einen T-Teer zu gewinnen. Der Heizwert des Generatorgases wird nur unwesentlich gemindert, dagegen ein wichtiges Nebenprodukt gewonnen. Zur Verarbeitung in so umgebauten Generatoren eignet sich am besten Gasflammkohle mit einem Gehalt von 30 bis 40% flüchtiger Bestandteile. Diese Kohle liefert etwa 8 bis 12% Teer. Andere Kohlen, wie Anthrazit-, Fett- und Magerkohle geben nur sehr schlechte Ausbeuten, da sie zusammenbacken; am besten ist die oberschlesische Kohle. Man hat errechnet, daß aus den Generatoren, die in Deutschland in Betrieb sind, zirka 3 bis 500000 t T-Teer gewonnen werden können.

Eigenschaften und Charakteristik des T-Teers. Der T-Teer ist eine dunkelbraune, in dünner Schicht goldrote homogene, zuweilen mit Paraffin durchsetzte Flüssigkeit. Gewöhnlicher Teer ist schwarz. Der T-Teer riecht frisch bereitet nach Schwefelwasserstoff, während gewöhnlicher Teer ausgesprochen nach Naphthalin riecht. Das spezifische Gewicht des T-Teers ist 0,96 bis 1,06, gewöhnlicher Teer hat ein Gewicht von 1,1 und darüber. In chemischer Beziehung sind die Unterschiede besonders groß und beachtenswert. T-Teer ist ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen und Phenolen, und zwar von Paraffinen, Olefinen, Naphthenen, teilweise hydrierten aromatischen und im Kern substituierten Kohlenwasserstoffen. Es fehlen dagegen vollkommen die im Steinkohlenteer vorherrschenden aromatischen Verbindungen, wie Benzol, Naphthalin und Anthrazen. Der Nachweis von Naphthalin ist daher auch entscheidend für die Lösung der Frage, ob ein T-Teer oder ein anderer Teer vorliegt. Bei T-Teer fällt die Naphthalinprobe stets negativ aus. Der T-Teer enthält nun stets wechselnde Mengen von Phenolen, und zwar hängt der Gehalt ab von der Art der verarbeiteten Kohlen. Mit Bezug auf den Phenolgehalt nimmt der T-Teer unter allen erdölartigen Produkten eine Sonderstellung ein, während er im übrigen dem russischen Erdöl ähnelt. Der Phenolgehalt kann bis zu 50% steigen.

Die Verarbeitung und Beseitigung dieser Phenolmengen ist für die künftige Entwicklung der T-Teer-Industrie von einschneidender Bedeutung.

Verwendung. Der hohe Phenolgehalt verbietet es nun auch, den rohen T-Teer direkt als Schmiermittel zu verwenden, weil ein solches Öl zu schnell durch Verharzung seine Schmierfähigkeit einbüßen würde. Der T-Teer wird in ganz analoger Weise wie das Erdöl und der Braunkohlenteer fraktioniert destilliert und man gelangt zu analogen Produkten, nämlich Ligroin, Leicht- und Schwerbenzin bis 200°, Gasöl und dergl. bis 300°. Oberhalb 300° C gehen Schmieröle über von einer Viskosität von 2—3° Engler bei 50° und einem Flammpunkt von 120 bis 200°. Bei sehr hohen Temperaturen destillieren fadenziehende, harzige Massen, welche sich mit überhitztem Wasserdampf restlos übertreiben lassen. Bei gewöhnlicher Destillation über freier Flamme tritt allerdings Zersetzung in Gas und Benzin ein und es bleibt eine koksartige Masse in der Blase zurück. Paraffin scheidet sich im viskosen Öl und im Harz ab.

Zusammenfassend kann man den Kohlenwasserstoffanteil des T-Teers dahin charakterisieren, daß er einem Erdöl vergleichbar ist, und zwar einem „paraffinarmen" (10 bis 15 % Paraffin) Roherdöl.

Auf die Zusammensetzung der phenolartigen Anteile sei hier nicht näher eingegangen. Durch Waschen mit Lauge kann man sie von den mineralölartigen Anteilen trennen. Es sei nur darauf hingewiesen, daß sie sich in den höheren Fraktionen anreichern und hier die höhere Viskosität bedingen. Entfernt man also die Phenole, so tritt eine starke Herabminderung der Viskosität ein. Phenolhaltige Öle sind nur für untergeordnete Zwecke verwendbar und ihre sauren Bestandteile greifen das Metall an. Gluud, „Die Tieftemperaturverkokung der Steinkohle", schreibt S. 53: „Es sei hier darauf aufmerksam gemacht, daß ganz zweifellos für die meisten roheren Schmierzwecke, die viskose Öle verlangen, das Verbleiben der Phenole in den Ölen wohl nicht allzu ungünstig ins Gewicht fallen wird." Für Innenschmierung sind diese Öle also nicht verwendbar. Wirklich brauchbar ist das Öl erst nach Entfernung der Phenole. Ein im Laboratorium gewonnenes Öl wies folgende Daten auf: Viskosität 2 bei 100° oder 30 bei 50°, Flammpunkt ca. 200°. Es stellt eine goldrote Flüssigkeit dar, welche im auffallenden Licht grün fluoresziert. Einer Ausbeute von 500000 t T-Teer würde eine Ausbeute von nur 75000 t phenolfreiem Schmieröl entsprechen, daneben könnten noch 5 bis 10000 t Paraffin gewonnen werden. Zum Schluß folge noch eine Nebeneinanderstellung des prozentigen Anfalls der Produkte bei:

Destillation des T-Teers mit überhitztem Wasserdampf	
Benzine bis 150° siedend	10%
phenolhaltige Treiböle	30%
„ Schmieröle	33%
phenolfreie „	15%
Paraffin	ca. 12%
Harz	ca. 25%

Destillation des T-Teers über freiem Feuer	
Benzin und Zündöle bis 225° siedend	ca. 28%
Motorenöl bis 300° siedend	ca. 24%
viskose phenolhaltige Öle und Paraffin	ca. 24%
Pech	ca. 24%

Man sieht also, daß sich hier Möglichkeiten bieten, die uns wenigstens teilweise von fremder Einfuhr befreien und uns auf eigene Vorräte verweisen.

Der Vollständigkeit halber sei angedeutet, daß man in letzter Zeit durch Verschwelung von Holz und Torf zu ganz ähnlichen Produkten gelangt ist[1].

C. Die pflanzlichen und tierischen Fette und Öle.

Bereits im Eingangskapitel war darauf hingewiesen worden. daß ursprünglich zur Schmierung der Maschinen ausschließlich tierische und pflanzliche Öle und Fette verwendet und daß erst mit dem plötzlichen Aufblühen der Industrie nach einem Ersatz hierfür gesucht und in den Mineralschmierölen auch gefunden wurde. Trotzdem haben für manche Zwecke die fetten Öle ihre Stellung behauptet; teils werden sie in geringen Prozentsätzen den Mineralölen zugesetzt, teils dienen sie als Grundlage für die Starrschmieren, die konsistenten Fette und ähnliche Produkte. Aus diesem Grunde soll im folgenden etwas näher auf diese Stoffe eingegangen werden.

a) Definition von Öl und Fett.

Die Bezeichnung Öl und Fett dient für eine Gruppe von organischen Substanzen, und beide Worte bezeichnen das gleiche, nur kennzeichnen sie einen Unterschied in der Konsistenz des in Frage stehenden Körpers. Die Fette sind bei gewöhnlicher Temperatur fest. Man unterscheidet feste und talgartige, sowie butter- und schmalzartige. Im Gegensatz hierzu stehen die „flüssigen“ Öle und Trane. Diese Definitionen gelten nur für normale Temperaturen, denn Stoffe, die in mitteleuropäischen Klimaten als schmalz- oder gar talgartig bezeichnet werden, sind in den Tropen durchaus als Öle anzusprechen. Die

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1921, Nr. 53.

festesten Fette sind stets unter 100° schmelzbar und geben dann ein dünnflüssiges Öl. — Die Zähflüssigkeit der Öle ist größer als Wasser, ihre Oberflächenspannung ist sehr gering, die Beständigkeit ist verhältnismäßig groß und darauf gründet sich ihre Verwendungsmöglichkeit als Schmiermittel.

Auf Papier hinterlassen die Öle und Fette einen bleibenden, durchscheinenden Fleck; der Ausdehnungskoeffizient ist bedeutend größer als bei den meisten anderen Flüssigkeiten, z. B. entsprechen 1000 Liter Olivenöl bei 0° C einer Menge von 1016,6 Liter bei 20° C.

Die Farbe der Fette und Öle wechselt in weiten Grenzen von weiß-gelblich bei festen Fetten bis gelb und gelb-grün bei den Ölen, während die Trane meist rot-rotbraun gefärbt sind. Ebenso schwankt Geruch und Geschmack und ist jedem Fett oder Öl eigentümlich. An der Luft und im Lichte werden Fette und Öle leichter verändert als die Mineralöle, sie werden sauer und ranzig und, in dünnen Schichten aufgetragen, trocknen sie mehr oder weniger schnell ein.

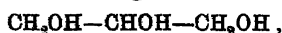
Im Alkohol sind neutrale Fette, mit Ausnahme des Rizinusöles, unlöslich, dagegen werden sie leicht von Äther, Chloroform, Benzin, Benzol und gechlorten Kohlenwasserstoffen aufgenommen.

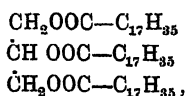
b) Chemische Konstitution der Fette.

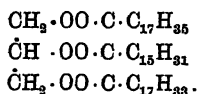
Im Gegensatz zu den Mineralölen bestehen die tierischen und pflanzlichen Öle aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welch letzterer den Mineralölen fehlt. Ebensowenig wie die Erdöle reine einheitliche Kohlenwasserstoffe darstellen, sind auch die Fette einheitlich und leicht definierbar, sondern sie stellen vielmehr ein kompliziertes Gemisch der verschiedensten chemischen Individuen dar.

Die ersten Aufklärungen über die Konstitution der Öle und Fette gehen auf Chevreul zurück, welcher von 1810 bis 1823 seine Arbeiten: „Recherches sur les corps gras d'origine animale" veröffentlichte. Diese Arbeiten sind die Grundlage gewesen für die weiteren Forschungen zur Konstitution der Fette. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist, daß die Fette anzusehen sind als Glyzerinester oder Glyzeride der höheren Fettsäuren.

Glyzerin ist ein dreiwertiger Alkohol der Formel:

$$CH_2OH—CHOH—CH_2OH\,,$$

er leitet sich also ab vom Propan $CH_3CH_2CH_3$, einem Grenzkohlenwasserstoff, in der Weise, daß je ein H-Atom an jedem Kohlenstoff durch eine Hydroxylgruppe OH ersetzt ist. Diese Hydroxylgruppe nun wiederum geht unter Wasseraustritt mit dem Wasserstoff einer organischen Säure in Reaktion unter Bildung eines Esters. Als organische Säuren kommen in Betracht gesättigte Karbonsäuren, welche sich von der Essigsäure ableiten, von der allgemeinen Formel $C_nH_{2n}O_2$, und zwar hauptsächlich solche mit hoher C-Zahl, sodann einfach und mehrfach ungesättigte Säuren und schließlich hydroxylhaltige Karbonsäuren. Der Zusammentritt der drei OH-Gruppen im Glyzerin kann nun entweder mit drei gleichartigen Säuren stattfinden, etwa wie beim Tristearin

$$\begin{array}{l} CH_2OOC-C_{17}H_{35} \\ \dot{C}H\ OOC-C_{17}H_{35} \\ \dot{C}H_2OOC-C_{17}H_{35}, \end{array}$$

oder aber es können sog. gemischte Glyzeride sich bilden, bei denen jedes OH des Glyzerins an eine andere Fettsäure gebunden ist, etwa wie beim Oleopalmitostearin:

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot OO\cdot C\cdot C_{17}H_{35} \\ \dot{C}H\ \cdot OO\cdot C\cdot C_{15}H_{31} \\ \dot{C}H_2\cdot OO\cdot C\cdot C_{17}H_{33}. \end{array}$$

Gerade Körper der letzten Art scheinen nach den neueren Forschungen hauptsächlich in der Natur vorzukommen.

Unter den in den Fetten vorwiegend sich findenden Fettsäuren können wir drei Gruppen unterscheiden:

I. Einbasisch gesättigte Fettsäuren $C_nH_{2n}O_2$, deren Hauptvertreter sind die Essigsäure CH_3COOH, Buttersäure C_3H_7COOH, Laurinsäure $C_{11}H_{13}COOH$, Palmitinsäure $C_{15}H_{31}COOH$ und Stearinsäure $C_{13}H_{33}COOH$, endlich Arachninsäure $C_{19}H_{39}COOH$.

II. Einbasisch einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren der allgemeinen Formel: $C_nH_{2n-2}O_2$; $C_nH_{2n-4}O_2$; $C_nH_{2n-6}O_2$ usw. Hierzu rechnet man die Ölsäure mit einer Doppelbindung $C_{17}H_{31}COOH$, ferner die Linolsäure mit zwei Doppelbindungen $C_{17}H_{31}COOH$, die Linolensäure mit drei Doppelbindungen $C_{17}H_{29}COOH$ und endlich die Klupanodonsäure mit vier Doppelbindungen $C_{17}H_{27}COOH$.

III. Einbasisch ungesättigte hydroxylierte Fettsäuren $C_nH_{2n-2}O_3$, zu welcher Gruppe die Rizinolsäure zu rechnen ist.

Die in der Natur sich findenden Fette sind in der Haupt-

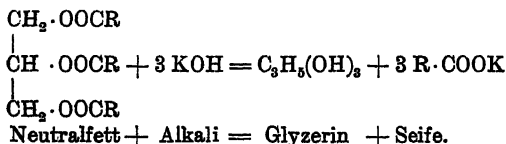
sache Gemische der Glyzeride der Palmitin-, Stearin- und Ölsäure, während die Glyzeride der anderen Fettsäuren zwar für die Charakteristik der Fette eine bedeutsame Rolle spielen, indes quantitativ gegen die erstgenannten zurücktreten. Nur im Kokosöl und Palmkernöl finden sich größere Mengen Laurinsäure und ihrer näheren Verwandten.

Streng zu scheiden von den Fetten sind die Wachse. Dieses sind esterartige Verbindungen der Fettsäuren mit einwertigen aliphaten Alkoholen von hoher Kohlenstoffzahl. An Stelle des dreiwertigen Glyzerins treten hier hochmolekulare Alkohole, wie Cetylalkohol $C_{16}H_{33}OH$ im Walrat, Myricylalkohol $C_{30}H_{61}OH$ im Bienenwachs und Cholesterin und Isocholesterin $C_{27}H_{45}OH$ im Wollfett und in kleinen Mengen in sämtlichen tierischen Fetten. Im Gegensatz hierzu findet sich in den Pflanzenfetten ein ähnlicher Alkohol, das Phytosterin, mit ähnlichen doch spezifischen Eigenschaften (Kristallform und Schmelzpunkt).

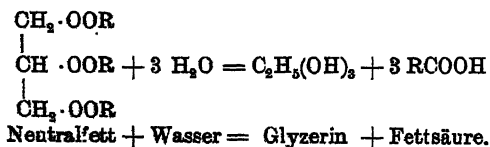
Einem tieferen Eindringen in die Fettchemie kann hier nicht Raum gegeben werden, nur die Begriffe Verseifung und Hydrolyse seien hier kurz definiert.

Unter Verseifung versteht man einen chemischen Prozeß, bei dem aus den Fetten durch Behandeln oder Kochen mit Alkalien, Erdalkalien oder anderen Basen sich das fettsaure Salz (die Seife) und das Glyzerin bilden. Der Vorgang wäre als Formel also folgendermaßen darzustellen:

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot OOCR \\ | \\ CH\ \cdot OOCR + 3\,KOH = C_3H_5(OH)_3 + 3\,R\cdot COOK \\ | \\ CH_2\cdot OOCR \end{array}$$

Neutralfett + Alkali = Glyzerin + Seife.

Unter Hydrolyse hingegen versteht man die Aufnahme der Elemente des Wassers und Bildung von Glyzerin und Fettsäure. In der Technik führt man die Fettspaltung im großen aus, und zwar bewirkt man sie durch Wasserdampf, Behandeln mit Mineralsäuren oder Sulfofettsäuren, endlich durch gewisse Fermente. Das Reaktionschema entspricht dem obigen der Verseifung:

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot OOR \\ | \\ CH\ \cdot OOR + 3\ H_2O = C_2H_5(OH)_3 + 3\,RCOOH \\ | \\ CH_2\cdot OOR \end{array}$$

Neutralfett + Wasser = Glyzerin + Fettsäure.

Auf die verschiedenen Verseifungs- und Spaltungsverfahren kann hier nicht näher eingegangen werden.

c) Vorkommen und Gewinnung.

Öle und Fette kommen im Tier- und Pflanzenreich vor. Bei den Pflanzen tritt das Fett im ganzen Gewebe verteilt auf, sammelt sich indessen in der Hauptsache in den Samen und Samenblättern sowie im Fruchtfleisch an. Diese Teile der Pflanzen bilden die Grundlage der Fettgewinnung. Vor allen Dingen sind es die Samen des Rapses, die Leinsaat, Mohnsamen, Baumwollsaat, Rizinussamen sowie das Fruchtfleisch der Olive, von Palmkern und Kokosnuß, welche als Ausgangsmaterial dienen. Der Gehalt an Fett variiert in weiten Grenzen, er kann bis zu 60% steigen; in den Tropen ist er höher als in den gemäßigten Klimaten.

Im Tierorganismus findet sich das Fett in allen Organen, häuft sich aber an gewissen Stellen an. Zumeist ist es im Bindegewebe eingeschlossen in der Bauchhöhle, an den Nieren, in der Leber, ferner enthält auch die Milch und das Mark der Knochen bedeutende Fettmengen. Im lebenden Körper ist das Fett im flüssigen Zustand, es erstarrt aber beim Tode.

Seit den ältesten Zeiten wird das Fett gewonnen, um für die Ernährung und für technische Zwecke verwendet zu werden.

In neuerer Zeit sind folgende Gewinnungsmethoden in Gebrauch:

Bei den pflanzlichen Produkten:

I. eine rein mechanische durch Auspressen,
II. eine physikalisch-chemische durch Herauslösen.

Bei den tierischen:

III. das Auskochen und Ausschmelzen.

I. Die mechanische Methode. Bei dieser Gewinnungsart hat sich seit der grauesten Vorzeit im Prinzip wenig geändert. Durch Zerdrücken und Quetschen der Samen oder ölhaltigen Teile wird das Fett abgesondert und gewonnen. Aus den Ölmühlen und Ölpressen der Alten haben sich heute technisch vollkommene Apparate entwickelt. In den modern angelegten Ölmühlen ist es möglich, nahezu die letzten Anteile dem ölhaltigen Saatgut zu entziehen. Auf die Beschreibung einer derartigen Ölmühle genauer einzugehen, dürfte hier zu weit führen (vgl. Ubbelohde Bd. I).

Es sei nun in wenigen Worten der allgemeine Arbeitsgang skizziert:

Die eingehende Saat wird zunächst in geräumigen Speichern gelagert, damit die Mühle für das gesamte Jahr mit Material versehen ist, wodurch der Betrieb naturgemäß wesentlich ökonomischer arbeitet, wie wenn die Maschinen nur für die kurze Zeit nach der Ernte beansprucht werden würden. Bevor die Ölsaat verarbeitet wird, bedarf sie einer gründlichen Reinigung. Besonders sind Sand und Staub zu entfernen, welche durch Aufsaugen des Öles die Ausbeute verschlechtern würden. Ferner müssen Eisenteilchen und Steine beseitigt werden, denn durch diese werden die Maschinen gefährdet und die verbleibenden Ölkuchen, welche zum Verfüttern dienen, werden für das Vieh unverwendbar. Endlich sollen fremde Ölsamen tunlichst ferngehalten werden, da durch sie die Qualität des Öles verschlechtert wird. Die Reinigung selber geschieht in der Hauptsache durch Sieben, Ventilieren, d. h. Durchblasen von Luft, wobei die leichteren Anteile wie Staub, Samenschalen usw., weggeblasen werden. Nach diesen vorbereitenden Arbeiten werden die Samen sodann zwischen Walzen und Schleudermühlen der verschiedensten Konstruktion zermahlen. Die Samen sind nämlich von einer Samenhülle umgeben und das Öl selber in feinsten Tröpfchen in den Zellen eingelagert, welche zuvor zerrissen werden müssen. Bevor man die Saat auspreßt, wird sie gewärmt, wodurch erstens das Öl dünnflüssiger wird, sich also leichter auspressen läßt, zweitens werden die Eiweißstoffe und Schleimstoffe zum Gerinnen gebracht und scheiden sich hierdurch aus. Ein Nachteil ist es allerdings, daß durch dieses Anwärmen auch Farb-, Schmeck- und Riechstoffe mit in das Öl gelangen, wodurch die Qualität stark gemindert wird. Infolgedessen werden auch nicht alle Öle warm gepreßt, man nimmt vielmehr diese Operation in mehreren Stufen vor und unterscheidet demgemäß Öl erster, zweiter und dritter Pressung, warm und kalt gepreßte Öle. Das Heraustreiben der Öle aus den feinsten Kapillaren der Zellen geschieht nun in hydraulischen Pressen, also mit Drucken von einigen hundert Atmosphären. Die Dauer einer Pressung währt 15 bis 30 Minuten. In den Pressen selber verbleibt der Ölkuchen, welcher immer noch so beträchtliche Mengen Öl enthält, daß er hierdurch, wie auch infolge seines Eiweißgehalts ein vorzügliches Futtermittel darstellt.

II. Gewinnung durch Extraktion. Hierbei wird die Ölsaat mit chemischen Stoffen behandelt, welche das Öl und das Fett sehr leicht lösen, wogegen die Zellulose und das Eiweiß ungelöst verbleiben. Es dienen hierzu Schwefel-

kohlenstoff. Benzin, Benzol, Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen und Azeton. In der Hauptsache werden Tetrachlorkohlenstoff und Trichloräthylen gebraucht. Beide sind nicht brennbar. Trichloräthylen ist gegenüber Metallen weniger aggressiv. Der Einführung dieser Verfahren stellten sich anfangs mannigfache Schwierigkeiten entgegen, die in der mangelhaften Konstruktion der Apparaturen begründet lag, wodurch einerseits keine genügende Extraktion bewirkt, andrerseits die restlose Wiedergewinnung des Lösungsmittels nicht erreicht wurde, was wiederum eine unökonomische Arbeitsweise zur Folge hatte. Ferner werden durch die Lösungsmittel mancherlei Geruchs- und Geschmackstoffe mit herausgenommen und die letzten Spuren von Lösungsmittel können nur sehr schwierig entfernt werden. Aus diesem Grunde sind extrahierte Öle für Genußzwecke nur bedingt zu verwenden, während sie für technische Zwecke vollkommen den gepreßten Ölen gleichzustellen sind. Die extrahierten Fette enthalten meist mehr feste Anteile als die kalt gepreßten Öle, daneben aber auch harzartige Bestandteile sowie auch Kalkseifen. Benzinknochenfett z. B. ist meist dunkler als das durch Auskochen gewonnene.

III. In wesentlich anderer Weise erfolgt die Gewinnung der tierischen Öle und Fette. Es kommen hier in der Hauptsache in Betracht: Rinder- und Hammeltalg, Schweinefett, Knochenfett und Knochenöl und die verschiedenen Transorten, wie Robbentran, Waltran, Leber- und Sardinentran. Die eigentliche Fettsubstanz aller dieser Fette und Trane liegt eingebettet in einem Zellgewebe, aus dem sie sich am besten durch Ausschmelzen resp. Auskochen gewinnen läßt. Gelegentlich kommt jedoch auch das Auspressen und die Extraktion zur Anwendung. Das Ausschmelzen kann durch direktes Feuer, durch siedendes Wasser, durch Dampf und endlich auch unter Druck erfolgen. Die Zweckmäßigkeit der einzelnen Verfahren richtet sich nach der Art des Rohmaterials. Knochen werden beispielsweise vorzugsweise unter Druck im Autoklaven erhitzt und so das Knochenfett bis zu einem verbleibenden Teil von 2 bis 3% gewonnen. Diese restlichen Anteile werden dann noch durch Extraktion herausgezogen. Häufig wendet man in dieser Weise beide Verfahren nacheinander an. Die dann verbleibenden Rückstände können, da sie sehr stickstoffreich sind, als Viehfutter oder als Dünger verwendet werden. Die bei der Gewinnung von Fischölen verbleibenden Rückstände werden als Fischmehl ebenfalls zu Düngezwecken verwertet.

d) Reinigung.

Die so gewonnenen Öle sind nun keineswegs rein und verwendungsfähig, enthalten vielmehr die mannigfachsten Verunreinigungen, und zwar können diese mechanisch beigemengt sein, emulgiert, d. h. im Öl feinst verteilt, oder endlich darin gelöst sein. Die Reinigungsmethoden richten sich nach den jeweils vorliegenden Umständen. Bei mechanischen Beimengungen und wenn Emulsionen vorliegen wird man physikalische Methoden anwenden, andernfalls bedarf es der Einwirkung chemischer Agenzien, um ein klares, blankes und reines Öl zu erhalten.

Um die Reste der Zellgewebe zu entfernen, läßt man das Öl in geeigneten Gefäßen absitzen oder man reinigt es durch Filtration in Filterpressen oder in Zentrifugen. — Schwieriger ist eine Trennung von Emulsionen. Hierbei ist zumeist auch die Einwirkung von Chemikalien notwendig, wie auch wenn im Fett lösliche Beimengungen vorliegen. Zu den in Fett gelösten Verunreinigungen sind zu rechnen: Eiweiß, Schleimstoffe, Enzyme, Seifen, Harze, Glyzerin sowie Riech- und Schmeckstoffe. Durch Zusatz von Säuren, Salzlösungen u. dgl. werden jene Stoffe in eine unlösliche Form übergeführt, um dann durch Filtration oder Absitzen beseitigt zu werden. Um ferner die tierischen und pflanzlichen Öle für die Schmierung feinerer Maschinenteile verwendungsfähig zu machen, müssen sie völlig von Mineralsäuren, freien Fettsäuren und sonstigen verharzenden Bestandteilen befreit werden, da diese die Metallteile angreifen und die sachgemäße Schmierung vereiteln. Die zu entsäuernden Öle werden mit alkalischen Mitteln, wie Alkalilauge, Sodalösung, Magnesia usta u. dgl., behandelt, hierbei bilden sich Seifen, die sich zum Teil absetzen, zum Teil auch durch Auswaschen mit Wasser entfernt werden. Zur Beseitigung der färbenden Bestandteile verwendet man ähnlich wie beim Erdöl Bleicherden oder Knochenkohle. Schleim, Eiweiß und die harzartigen Stoffe werden durch konzentrierte Schwefelsäure zerstört. Hierbei ist aber zu bedenken, daß ein Überschuß an Säure, ferner eine zu lange Einwirkungszeit und zu hohe Temperaturen nicht unbeträchtliche Mengen Öl in Fettsäuren, Fettschwefelsäure und Glyzerin spalten. Bei dem nun folgenden Waschen mit Wasser wird zwar die wasserlösliche Schwefelsäure entfernt, zugleich tritt aber eine hydrolytische Spaltung der Fettschwefelsäure ein, und das nunmehr raffinierte

Öl enthält bedeutend mehr freie Fettsäure als das unraffinierte Ausgangsmaterial; z. B. enthalten nach Holde

rohes Rüböl 0,7 bis 1,5 % Säure ber. als Ölsäure,
raff. Rüböl bis zu 6 % Säure ber. als Ölsäure.

Die Neubildung von Fettsäuren vermeidet man bei der Raffination mit Zinkchlorid sowie mit Alkalilaugen und Ammoniak.

Die Geruchsstoffe werden durch Behandeln mit Wasserdampf entfernt, jedoch gelingt dieses Verfahren nicht bei den sehr stark riechenden Tranen. Hier soll man Erfolge erzielt haben durch Erhitzen auf Temperaturen von 150 bis 200° unter Luftabschluß. Nach den Patenten von Bergius D.R.P. 294778 und Sudfeldt D.R.P. 271060 werden die übelriechenden Verbindungen zerstört. Neuerdings führt man die ungesättigten Verbindungen durch Anlagerung von Wasserstoff in gesättigte über, wobei der Geruch ebenfalls verschwindet. Bei Anwendung starker Oxydationsmittel, wie Kaliumbichromat, Permanganat, ferner von schwefliger Säure und deren Salzen, endlich durch Einwirkung von Licht vermag man die Geruchsstoffe und die färbenden Bestandteile bei den übrigen Ölen und Fetten zu beseitigen; am wirksamsten indes ist das Filtrieren über Fullererde.

e) Klassifikation.

Unter der großen Zahl der Fette und Öle kommen im unvermischten Zustande als Schmiermittel nur die nichttrocknenden in Frage, während die halbtrocknenden und trocknenden infolge ihrer großen Veränderlichkeit hierfür wenig geeignet erscheinen. Rüböl und Olivenöl dienten ursprünglich in reinem Zustande als Schmieröl. Heute werden sie nur als Zusatz zum Mineralöl verwendet (Schiffsmaschinenöl, Webstuhlöl).

Die oben erwähnte Unterscheidung in:

I. nichttrocknende }
II. halbtrocknende } Öle
III. trocknende }

findet bei den pflanzlichen Fetten seine Begründung in folgenden grundlegenden Eigenschaften.

I. Die nichttrocknenden Öle sind gekennzeichnet durch eine Jodzahl unter 100. — Unter Jodzahl versteht man den Prozentgehalt an Jod, welchen das Fett aufzunehmen vermag. Es bedeutet also die Jodzahl 100: 100 g Fett vermögen

100 g Jod zu binden. Die Jodzahl ist ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Verbindungen im Fette. Je mehr ungesättigte Fettsäuren nun enthalten, je höher also die Jodzahl, um so mehr ist das Öl den chemischen Veränderungen unterworfen. — Das Olivenöl und Erdnußöl gehören in diese Gruppe, und sie sind ganz hervorragend als Schmierstoff geeignet, da sie sehr geringe Neigung zeigen, sich irgendwie zu verändern.

II. Die halbtrocknenden Öle haben eine Jodzahl bis etwa 130. Hierzu gehören das Rüböl, das Baumwollsaatöl und Soyabohnenöl. Auch diese Gruppe findet als Schmiermittel noch vielfache Verwendung. Speziell das Rüböl spielte früher und auch jetzt in Verbindung mit Mineralöl eine nicht unbedeutende Rolle.

III. In purem Zustande fast unbrauchbar sind die Vertreter der dritten Gruppe, welche durch eine besonders hohe Jodzahl ausgezeichnet sind (130 bis 190). Sie neigen infolge ihres hohen Gehaltes an ungesättigten Verbindungen zum Eintrocknen und Verdicken und zur Bildung von Firnissen. Die Hauptvertreter dieser Gruppe sind das Leinöl, Hanföl und Mohnöl.

IV. Zu erwähnen sind ferner noch die festen Pflanzenfette, wie Kokosfett und Palmkernöl, die sich durch ihren hohen Gehalt an niedrig schmelzenden und leichtflüchtigen Fettsäuren auszeichnen und daher leicht ranzig werden.

V. Feste Fette mit hohem Gehalt an hochschmelzenden, nichtflüchtigen Fettsäuren sind Dikafett, Muskatbutter.

Die tierischen Öle und Fette lassen sich einteilen in:

I. Öle von Landtieren, Klauenöl, Talgöl, mit hohem Ölsäuregehalt und einer Jodzahl unter 100.

II. Öle von Seetieren mit hohem Gehalt an ungesättigten Säuren, demzufolge hoher Jodzahl (ca. 130), Dorschtran, Walund Lebertran.

III. Die festen Fette kommen fast ausschließlich bei Landtieren vor, sie enthalten viel feste Fettsäuren und haben die niedrigsten Jodzahlen. Talg, Schmalz und Butterfett.

Aus den Eigenschaften ergibt sich die Eignung der einzelnen Klassen für die diversen Schmierzwecke. Die unter I. genannten Produkte eignen sich infolge ihres niedrigen Gehalts an festen sowie an ungesättigten Fettsäuren ganz besonders zur Schmierung sehr feiner Maschinenteile, wie Uhren- und Präzisionsmaschinen, während die unter II. genannten Fette in der Hauptsache wie die halbtrocknenden pflanzlichen Öle

nur in Verbindung mit Mineralöl Verwendung finden. — Die Talgsorten endlich werden selten allein, sondern meist in verarbeitetem Zustande als Seife im konsistenten Fett in Verbindung mit Paraffin bei Lederschmieren u. dgl. verwendet.

Wachse. Von den Ölen und Fetten scharf chemisch unterschieden sind die tierischen und pflanzlichen Wachsarten. Sie enthalten kein Glyzerin, sind vielmehr Ester einer Fettsäure mit hoher Kohlenstoffzahl mit den einwertigen höheren aliphaten. auch aromatischen Alkoholen. Sowohl gesättigte wie auch ungesättigte Fettsäuren können sich mit den Alkoholen vereinen. und je nach der Zusammensetzung bilden sich die verschiedensten flüssigen und festen Wachse. In den natürlich vorkommenden Wachssorten finden sich überdies noch freier Alkohol, freie Fettsäure und hochschmelzende Kohlenwasserstoffe.

Verbindungen von ungesättigten Fettsäuren mit leichtschmelzenden Alkoholen bilden flüssige Wachsarten, wie den Döglingstran und das Spermazetöl. Äußerlich ähneln diese den flüssigen Fetten, unterscheiden sich jedoch durch ihr sehr niedriges spezifisches Gewicht von etwa 0,875 bis 0,885.

Die festen Wachse sind Verbindungen aus gesättigten Kohlenwasserstoffen mit hoch schmelzenden Alkoholen von hoher C-Zahl. Sie sind meist sehr hart und fest, lösen sich nur schwer in Lösungsmitteln und verseifen sich auch schwierig mit Alkalien. Im Pflanzenreich findet sich das Karnaubawachs, von den tierischen sind das Bienenwachs und das Wollfett die bekanntesten.

Die schwierige Verseifbarkeit der Wachse ist zugleich Grund für ihre Widerstandsfähigkeit gegen das Ranzigwerden und gegen sonstige Veränderungen. Infolgedessen eignen sich die flüssigen Wachse wie das Spermazetöl speziell zum Schmieren von feinsten Maschinenteilen, ähnlich wie das Klauenöl. Die festen Wachse finden bei der Fabrikation kompliziert zusammengesetzter Schmierstoffe, wie Schuhcreme, Bohnermassen u. dgl., eine ausgiebige Verwendung.

f) Unterscheidungsmethoden.

Bei der großen Mannigfaltigkeit der in der Natur vorkommenden Fette und Öle einerseits und bei ihrer äußeren Ähnlichkeit andrerseits ist es notwendig, die wesentlichen Methoden zu wissen, um wenigstens die einzelnen Gruppen zu unterscheiden. Infolge des sehr gleichartigen chemischen Aufbaus der Fettstoffe ist es hier nicht möglich, wie bei den an-

organischen Verbindungen, durch eine genaue prozentuale Analyse einen Einblick zu gewinnen, vielmehr wird hier die Aufgabe darin bestehen, sich darüber klar zu werden, welche Gruppen von Fettsäuren, ob gesättigte, ungesättigte oder hydroxylierte vorliegen, ob ein einheitliches Produkt vorhanden oder ob eine Verfälschung vorgenommen wurde. Zu diesem Zwecke sind bestimmte Verfahren physikalischer und chemischer Art ausgearbeitet worden, die bei sachgemäßer Beurteilung eine recht einwandfreie Deutung zulassen.

Im folgenden sollen nun die Verfahren angegeben und die Begriffe definiert werden, welche für den Praktiker und Verbraucher von wirklichem Wert sind. (Über die Ausführung und Methodik s. Kap. III.)

1. **Die physikalischen Merkmale.** Schon die äußere Beschaffenheit läßt Schlüsse auf die Art des Fettes ziehen und ein Urteil zu, ob das Material für den gewünschten Zweck geeignet ist. Unter Ölen versteht man bei gewöhnlicher Temperatur, also bei 20° C, leichtflüssige Produkte, nur das Rizinusöl ist als dickflüssig zu bezeichnen, während man bei den Fetten unterscheidet zwischen salbenartig, schmalzartig, butterartig, talgartig und wachsartig.

Die Farbe der fetten Öle schwankt je nach dem Reinheitsgrad außerordentlich von hellgelb bis dunkelschwarzbraun. Fette Öle fluoreszieren nicht; ist Fluoreszenz zu beobachten, so deutet dieses auf Zusatz von Harz oder Mineralöl.

Geruch und Geschmack ist den einzelnen fetten Ölen eigentümlich und lassen sehr oft Schlüsse zu, was für ein Öl vorliegt. Bemerkenswert ist, daß der Geruch der tierischen Fette meist den der pflanzlichen überdeckt.

Löslichkeit. Alle fetten Öle sind löslich in Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Petroläther und Mineralöl, nur das Rizinusöl macht bezüglich der Löslichkeit in letzteren eine Ausnahme. Unlöslich sind die nichtfettsäurehaltigen Öle in absolutem Alkohol, jedoch nimmt die Löslichkeit hierin mit steigendem Gehalt an Fettsäuren zu, welche ihrerseits wieder darin vollkommen löslich sind. Besonders bemerkenswert ist wiederum die Löslichkeit des Rizinusöles in Alkohol.

Das spezifische Gewicht bewegt sich zwischen 0,910 bis 0,970. Sehr niedriges spezifisches Gewicht haben, wie schon erwähnt (s. Seite 47), die flüssigen Wachse. Die nichttrocknenden Öle: Olivenöl, Klauenöl, Rüböl und Senföl, haben niedrige spez. Gewichte, etwa zwischen 0,910 bis 0,920. Das Gewicht steigt mit der Jodzahl. Leinöl hat eine Dichte von etwa 0,935

und die Fischtrane um 0,930. Ausnehmend hoch ist das Gewicht von Rizinusöl mit ca. 0,960, bedingt wohl durch seinen Gehalt an Oxysäuren. Die festen Wachse haben hohe Dichten, 0,960 bis 0,990. Aus Abweichungen von diesen Werten lassen sich Schlüsse ziehen auf Verfälschungen, speziell auf Mineralöl.

Von großer Bedeutung für die festen Fette ist der Schmelz- oder Tropfpunkt resp. der Erstarrungspunkt. Da die Fette durchweg aus Gemischen der verschiedensten Individuen bestehen, ist der Tropfpunkt meist recht unscharf, ebenso auch der Schmelzpunkt, d. h. der Punkt, bei dem die feste Substanz in eine klare Schmelze übergegangen. Aus diesem Grunde legt man mehr Wert auf den Erstarrungspunkt oder Titertest der abgeschiedenen Fettsäuren. Durch Freiwerden von Schmelzwärme, beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand hält sich die Temperatur hier konstant, so daß man diesen Punkt sehr genau ermitteln kann. Zur Bestimmung dieses Punktes sind verschiedene Methoden in Gebrauch, auf die später eingegangen werden soll (s. Seite 91 u. 92).

Bei den für Schmierzwecke dienenden Ölen ist endlich auch der Erstarrungspunkt von einiger Bedeutung. Unter Erstarrungspunkt versteht man die Temperatur, bei der das flüssige Öl in salbenartige Konsistenz übergeht. Dieser Punkt ist insofern von Bedeutung, als das Öl auch nach längerem Verweilen bei niedriger Temperatur noch flüssig bleiben soll. Schmieröle sollen infolgedessen möglichst paraffinfrei sein, und durch Ausfrieren und Abpressen der Stearine in der Kälte gewinnt man beispielsweise hochkältebeständige Knochenöle, die noch bei — 20° flüssig sind. Diese finden speziell für Uhrenöle Verwendung.

Ein feines Unterscheidungszeichen für die fetten Öle gibt die refraktometrische Methode, durch welche man das Lichtbrechungsvermögen feststellt. Indessen dürfte diese Prüfung im Laboratorium des Betriebsmanns wohl höchst selten vorgenommen werden.

Viel häufiger dagegen mag die Zähflüssigkeit untersucht werden, zumal wenn die fetten Öle unvermischt für Schmierzwecke verwendet werden sollen oder wenn es gilt, den Flüssigkeitsgrad eingedickter Öle zu untersuchen. Hierfür dient in Deutschland allgemein das Englersche Viskosimeter. (Hierüber Kap. II, S. 80.)

2. Chemische Untersuchungsmethoden. Neben der physikalischen Prüfung im allgemeinen darf nun die chemische Untersuchung der Fette zur genaueren Charakterisierung keines-

wegs außer acht gelassen werden. Durch sie wird man vor allem auf die in der Substanz vorhandenen Nichtfettstoffe aufmerksam, die zunächst erkannt sein müssen, bevor man durch spezielle Methoden die Identifizierung des vorliegenden Materials vornimmt. Als Verunreinigungen und Fremdstoffe kommen in der Hauptsache in Frage:

I. Wasser, sofern es in größeren Mengen vorhanden, gibt sich durch Trübung des Öls zu erkennen. Beim Erwärmen im trockenen Reagenzglase schäumt das Öl oder bei sehr geringen Mengen hört man ein eigentümliches Knacken.

II. Mechanische Verunreinigungen, verbleiben beim Lösen der Fettsubstanz in Äther oder Petroläther ungelöst. Es findet sich als Rückstand Schmutz, Haut- und Zellfragmente sowie Beschwerungsmittel, wie Stärke, Ton, Kreide, Sand u. dgl.

III. Sehr wichtig ist die Prüfung auf Vorhandensein von Mineralsäuren und freiem Alkali. Mineralsäuren können bei mangelhafter Raffination in den Ölen zurückbleiben. Selbst geringe Mengen können beim Schmieren großen Schaden hervorrufen, da die Säure das Metall der Lager heftig angreift. Ebensowenig erwünscht aber ist das Vorhandensein von freiem Alkali. Bei ungenügendem Auswaschen bleiben oft Seifen und Alkali im Öl, letzteres verseift noch einen Teil des Neutralfettes, und die Gegenwart von Seife bewirkt, daß das Öl zur Bildung von Emulsionen neigt. Die im Öl aufquellende Seife verursacht ferner ein Verdicken des Öles, wodurch die Schmierfähigkeit natürlich stark beeinflußt wird.

IV. Unraffinierte Öle sind meist durch Eiweiß und Schleimstoffe verschmutzt, welche sich oft erst beim Erwärmen des Öles bemerkbar machen und ihm dann ein trübes Aussehen geben. Gute Schmieröle müssen natürlich gänzlich frei sein von derartigen Verunreinigungen, weil sich die Lager und vor allem die Zuführungskanäle zu ihnen in kurzer Zeit zusetzen würden.

V. Schließlich ist noch auf den Aschegehalt hinzuweisen, welcher, wenn vorhanden, zumeist auf Vorhandensein von Seife deutet, dessen schädliche Wirkung bereits oben beschrieben wurde. Wird das Öl als Brennöl verwendet, so setzen die Aschenbestandteile den Docht zu und verhindern ein weiteres Brennen.

Zur Charakterisierung eines Öles oder Fettes muß dieses zunächst von den eben erwähnten Verunreinigungen völlig befreit werden. Die Kennzeichnung geschieht nun durch

vielfache, nun zu erläuternde chemische Reaktionen resp. durch Feststellung besonders definierter Kennziffern. Die Bestimmung dieser ist einer der wichtigsten Punkte bei der Analyse der fetten Öle.

Wie bekannt, sind die Fette ein Gemisch von Triglyzeriden der verschiedensten Fettsäuren. Da nun in jedem Fett das Verhältnis der Fettsäuren zum Glyzerin ein relativ konstantes ist, so lassen sich durch Feststellung der Kennziffern gewisse Schlüsse auf die Wesensart der Fette ziehen. Im allgemeinen werden folgende Zahlen festgestellt:

I. Die Verseifungszahl, sie gibt ein Maß für die gesamte im Fett vorhandene Fettsäuremenge.

II. Die Jodzahl, sie gibt einen Anhalt für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren.

III. Die Reichert-Meißl-Zahl ist maßgebend für die im Fett vorhandenen flüchtigen Fettsäuren.

IV. Die Hehnerzahl ergibt die in Wasser unlöslichen Fettsäuren.

V. Die Azetylzahl. Nach ihr kann man den Gehalt an Oxysäuren, Alkoholen und Laktonen bemessen.

VI. Die Säurezahl, sie gibt an, wieviel freie Fettsäuren in der Probe enthalten sind.

VII. Die Ätherzahl, sie ist das Maß für das vorhandene Neutralfett.

VIII. Gehalt an Unverseifbarem. Er darf einen gewissen Prozentsatz nicht übersteigen, andernfalls man auf Verfälschung schließen muß.

Die Werte I bis V sind konstante Werte, welche für jedes Fett charakteristisch sind, wohingegen die unter VI bis VIII genannten Zahlen variable sind, welche durch Reinigung, Alter, Ranzidität usw. bedingt sind und für die Qualität maßgebend sind.

Aus der Höhe der Verseifungszahl lassen sich Schlüsse ziehen, einerseits auf die Art des Fettes, andrerseits, wenn das Fett bekannt ist, läßt sich an ihr erkennen, ob nicht Beimengungen oder Verunreinigungen vorhanden sind.

Fette mit einer Verseifungszahl von 170 bis 183 deuten auf Rüböl und Verwandte, sowie Rizinus- und Traubenöl hin. Wachse, wie Bienenwachs und Wollfett, haben sehr niedrige Verseifungswerte, etwa um 100, da sie ca. 50 °/₀ unverseifbare Anteile enthalten.

Die größte Mehrzahl der Fette haben Verseifungszahlen zwischen 190 und 200. Die Verseifungszahl steigt über 200

bei den Fetten, welche bedeutende Mengen flüchtiger Fettsäuren enthalten mit niedriger Kohlenstoffzahl, wie Butterfett, Kokosfett und Palmkernfett. Natürlich gelten diese Werte nur für reine Substanzen. Durch Zusatz unverseifbarer Mineralöle u. dgl. lassen sich die Verseifungswerte beliebig herunterdrücken.

Die Jodzahl ist die charakteristischste Konstante eines Fettes. Nach ihr gliedern wir die gesamten Öle und Fette in trocknende, halbtrocknende und nichttrocknende. Über die Klassifizierung hiernach vgl. Seite 45.

Die Säurezahl ist außerordentlich schwankend bei ein und demselben Fett. Ein hoher Säurewert deutet auf hohes Alter, weitgehende Zersetzung und starke Ranzidität hin. Freie Fettsäuren verbinden sich mit Metall, greifen also bei längerer Berührung das Lagermetall an, verursachen Korrosionen, geben zu Seifenbildung, Emulsionen, Verdickungen der Öle, ja auch zu Rückstandsbildungen Veranlassung.

Bei der Feststellung des Unverseifbaren erhält man ein Bild, ob es sich um ein reines Fett handelt oder ob Mineralöl oder sonst irgendein anderer unverseifbarer Stoff zugesetzt ist. Auch Wachse lassen sich an ihrem hohen Gehalt an Unverseifbarem leicht erkennen.

Was die übrigen Werte, wie Hehnerzahl, Azetylzahl, Reichert-Meißl-Zahl betrifft, so sei bemerkt, daß diese Werte nur bei sehr eingehenden Untersuchungen bestimmt werden. für den Betriebsmann aber wohl kaum in Frage kommen. Es sei hier auf die Werke von Ubbelohde, Holde und Marcusson verwiesen.

Ebenso kann ich mich bei den charakteristischen Reaktionen für einzelne Fette insofern kurz fassen, als nur in den seltensten Fällen diese Reaktionen im Laboratorium des Verbrauchers angewandt werden dürften. Nur über einige wenige sei hier berichtet.

Die Phytosterin- und Cholesterinreaktion zur Unterscheidung des tierischen vom pflanzlichen Fett. Tierische sowohl wie pflanzliche Fette enthalten neben den Triglyzeriden ganz geringe Mengen unverseifbarer Anteile, welche als Alkohole charakterisiert sind. Die im tierischen Fett vorkommenden nennt man Cholesterin, die im pflanzlichen Phytosterin. Diese beiden Körper unterscheiden sich nun durch Kristallform, Schmelzpunkt und die Schmelzpunkte ihrer Verbindungen, speziell ihrer Azetate. Durch Abscheidung dieser Produkte also und Feststellung ihrer Schmelzpunkte

resp. Beobachtung ihrer Kristallform lassen sich tierische und pflanzliche Fette scharf voneinander unterscheiden.

Neben dieser in gewissem Grade allgemeinen Bestimmung kennt man noch eine große Anzahl von Farbreaktionen, welche für gewisse Fette kennzeichnend sind. Aus der großen Zahl dieser seien nur folgende angeführt:

I. Die Halphensche Reaktion auf Baumwollsaatöl. 2 ccm Öl in Amylalkohol gelöst, dazu eine $1\,^0/_0$ige Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff 10 Minuten lang gekocht, verursacht eine rote bis orange Färbung.

II. Schwefelsäurereaktion auf rohes Rüböl. Beim Schütteln von rohem Rüböl sowie auch von Senföl mit Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,6 entsteht eine intensive grasgrüne bis blaugrüne Färbung der sich absetzenden Säure. Raffiniertes Rüböl gibt nur eine bräunliche bis schwach gelbliche Färbung. Auf diese Weise lassen sich rohes und raffiniertes Rüböl unterscheiden.

III. Sehr charakteristisch und scharf ist die Reaktion mit Essigsäureanhydrid und konzentrierter Schwefelsäure. Bei Gegenwart von Harz und Harzsäuren entsteht eine sehr typische rotviolette Färbung, welche sofort eintritt (Morawskische Reaktion), während Wollfett und Wollfettprodukte eine langsam eintretende intensive Grünfärbung hervorruft (Liebermannsche Reaktion), so daß man auch beide Substanzen nebeneinander nachweisen kann. Man muß allerdings diese Prüfung an den abgeschiedenen Fettsäuren vornehmen.

Trocknende Öle mit mehreren Doppelbindnngen lassen sich feststellen durch das schwerlösliche Hexabromid, während Trane durch die in ihnen vorhandene Klupanodonsäure mit 4 Doppelbindungen durch das Oktobromid gekennzeichnet sind.

g) Besprechung der einzelnen Öle und Fette.

In ganz kurzen Kennworten sei nun noch einiges über das Vorkommen, die Art und die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen Öle angeführt.

1. Pflanzliche Öle und Fette. Der Hauptvertreter der nichttrocknenden Öle ist das Olivenöl. Dieses Öl findet sich in großen Mengen in den reifen Früchten des Ölbaumes (Olea europaea var. sativa), welches in den meisten Mittelmeerländern angepflanzt wird, da nur in den warmen Klimaten die wertvollen Ölfrüchte reifen. Aus den Oliven wird das Öl durch Pressen gewonnen. Es ist dann dünnflüssig, klar, hellgelb-

goldgelb, zuweilen leicht grünstichig. Gepreßtes Öl besitzt einen eigentümlichen Geschmack, welcher den extrahierten Ölen fehlt. Bereits bei + 10° trübt sich das Öl und ist bei + 6° fast zur Hälfte erstarrt. In der Hauptsache besteht das Olivenöl aus dem Glyzerid der Ölsäure. (Konstanten s. Tabelle.) Das Olivenöl gibt keine Farbreaktionen, infolgedessen werden Verfälschungen leicht erkannt. Das beim Pressen zuerst gewonnene Öl ist das beste, es heißt Jungfernöl und dient meist nur zu Speisezwecken. Das im Fleisch verbleibende Öl wird durch Kochen mit Wasser oder durch Auspressen gewonnen und für technische Zwecke verwendet. Die letzten Reste endlich werden mit Schwefelkohlenstoff herausgezogen, sie sind meist stark gefärbt und kommen für untergeordnete Zwecke als Sulfuröl in den Handel.

Früher wurde Olivenöl viel für Maschinenschmierung verwendet, heute jedoch infolge seines hohen Preises nur noch in Verbindung mit Mineralöl für Spindeln und leichtere Lager. Es muß dann aber möglichst frei sein von Fettsäuren, welche mit dem Metall des Lagers Seifen bilden und zu Rückstandsbildungen und erhöhter Reibung Anlaß geben.

Das Erdnußöl, auch Arachisöl, stammt aus den Früchten einer Leguminose, der Arachis hypogaea. Die Pflanze ist in den tropischen Ländern weit verbreitet und wird hauptsächlich in Südamerika, Asien und Afrika angepflanzt. Aus den Früchten und Samen wird das Öl durch Pressen gewonnen. Im großen und ganzen ähnelt es dem Olivenöl, weswegen es zuweilen zu dessen Verfälschung verwendet wird. Es neigt etwas mehr als das Olivenöl zum Festwerden, wird daher selten unverschnitten zur Schmierung gebraucht.

Außerordentliche Bedeutung, speziell auch während des Krieges, hat das Rizinusöl erlangt, welches für gewisse Schmierzwecke ganz besonders geeignet ist. Das Öl findet sich in dem Samen der Rizinusstaude, Ricinus communis. Die Pflanze gedeiht nur in den wärmeren Zonen; speziell in Indien, Java, Nord-Amerika, Mexiko und den Mittelmeerländern wird sie in großen Mengen angepflanzt. Die Samenkörner enthalten neben dem Öl ein Gift, das Rizin, welches ähnlich wie gewisse Bakteriengifte erst nach einigen Stunden wirksam wird und dann lähmend auf das Atmungszentrum und die vasomotorischen Nervenzentren wirkt. Sechs Rizinuskörner, gleich 0,18 g Rizin, vermögen einen Menschen zu töten. Die purgierende Wirkung des Öles ist bekannt. Reines Rizinusöl ist farblos und durchsichtig, das technische Öl ist schwach grün bis gelbstichig.

Beim Stehen an der Luft verdickt sich das Öl, trocknet aber nicht ein. Besonders charakteristisch sind die Löslichkeitsverhältnisse des Öles. Das Rizinusöl ist löslich bei ca. 25° C in absolutem Alkohol und Eisessig, worin die übrigen Öle, sofern sie arm sind an Fettsäuren, sich nicht lösen. Unlöslich dagegen ist es in Petroläther, Petroleum und hochsiedenden Kohlenwasserstoffen, worin die übrigen fetten Öle sich wiederum leicht lösen. Bezeichnend sind die relativ niedrige Verseifungszahl und die niedrige Jodzahl. Beim Abkühlen trübt sich das Öl durch Abscheidung von Stearin. Der Hauptbestandteil des Öles ist das Tririzinolein, also das Glyzerid der Rizinolsäure, einer Oxysäure der Formel $C_{17}H_{32}(OH) \cdot COOH$. Diesem Gehalt an Oxysäure verdankt das Öl seine besonderen Eigenschaften, zu denen außer den oben erwähnten Besonderheiten noch sein Vermögen kommt, mit Schwefelsäure wasserlösliche Verbindungen, die Türkischrotöle, zu geben. Infolge seiner großen Zähflüssigkeit (Englerviskosität ca. 16,5 bei 50°) sowie seiner Unlöslichkeit in Petroläther wird das Rizinusöl zur Schmierung von schweren, schnellaufenden Wellen, fast ganz ausschließlich für Umlaufmotore, sehr vorteilhaft verwendet. Seine Schmierfähigkeit ist außerordentlich hoch, und da es in dem Brennstoff (Benzin), welcher zugleich in den Kolben eingespritzt wird, unlöslich ist, so behält es seine Schmierwirkung auch während der Rotation des Motors lange Zeit bei. Im Kriege dienten die Voltolöle als Ersatz.

Natürlich hat man versucht, das zähflüssige Rizinusöl auf irgendeine Weise mit Mineralöl mischbar zu machen. Die Chemische Fabrik Noerdlinger verkauft unter dem Namen Floricin ein nach dem Deutschen Patent 104499 hergestelltes Produkt, welches erhalten werden soll, wenn man Rizinusöl auf 300° erhitzt und 5 bis 10% seines Gewichtes abdestilliert. Es ist dann in seinen Löslichkeitsverhältnissen gerade umgekehrt und mischt sich nun in jedem Verhältnis mit Mineralöl. Da das Rizinusöl jetzt reichlich gewonnen wird, findet man Verfälschungen selten, durch die eigenartigen Löslichkeitsverhältnisse sowie durch den hohen Gehalt an Oxysäuren ist es genügend charakterisiert.

Die halbtrocknenden Öle. Der Hauptvertreter dieser Gruppe ist das Rüböl, welches in der Schmiertechnik reichlich Verwendung gefunden hat und auch heute noch findet. Die mannigfach vorkommenden Raps- und Kohlsaaten gehören alle der Gruppe Brassica an. Dieses sind krautartige Pflanzen, welche schotenartige Früchte tragen, in denen die ölhaltigen

Samen enthalten sind. Diesen Samen, Raps oder Rübsen genannt, wird meist durch Pressung, seltener durch Extraktion ein Öl entzogen, dessen Qualität je nach der Pressung stark variiert. Die Öle zweiter und dritter Pressung sind dunkler, meist braungrün gefärbt und enthalten viel Schleimstoffe. Infolgedessen wird das meiste Öl, bevor es in den Handel kommt, nach irgendeiner der früher beschriebenen Raffinationsmethoden gereinigt, und zwar wird es zumeist mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, wodurch Harz und Schleimstoffe verkohlt werden, während das Öl selber unangegriffen bleibt. Das raffinierte Öl ist von hellgelber Farbe und hat einen charakteristischen Geruch und Geschmack. Bezeichnend für Rüböl ist die relativ niedrige Verseifungszahl von etwa 175, sowie eine relativ hohe Jodzahl von etwa 100. Um rohes und raffiniertes Rüböl zu unterscheiden, kann die intensive grüne Farbe dienen, die bei Zugabe von konzentrierter Schwefelsäure zu rohem Öl auftritt.

Seit Einführung der Mineralöle wird Rüböl in reinem Zustande nur wenig, wohl aber als Zusatz in kleinen Portionen zum Schmieröl verwendet. Über die Verwendung von geblasenem Öl s. Seite 66. Die Verwendung als Brennöl sei erwähnt. Bei den Eisenbahnen und für Nachtlampen ist es als Brennöl noch heute im Gebrauch; jedoch ist die frühere allgemeine Anwendung als Lampenöl z. Zt. zumeist durch das Petroleum ersetzt worden. Bei der Schmierung ist möglichste Säurefreiheit erwünscht, da das Öl sonst noch leichter zum Verharzen neigt. Große Mengen von Rüböl dienen zur Herstellung konsistenter Fette.

Das Baumwollsaatöl (auch Kottonöl) wird in der Speiseölfabrikation, gelegentlich auch in der Schmiermitteltechnik verarbeitet. Der Samen der sehr verschiedenen Baumwollsorten (Gossypium) enthält beträchtliche Quantitäten eines Öles, das zu gewinnen erst nach vielen vergeblichen Versuchen gelungen ist. Die Samen sind nämlich mit kleinen Haaren bedeckt, welche zunächst entfernt werden müssen. Auch ist die Saat leicht verderblich, so daß man sie gleich an Ort und Stelle verarbeiten muß. Die gereinigten, entfaserten und geschälten Samen werden zunächst zerkleinert, dann gewärmt und endlich der Pressung unterworfen. Das rohe Öl, welches rot bis rotbraun von Farbe ist, hat einen eigentümlichen Geruch und schmeckt kratzend. Eine darauffolgende Raffination ist daher stets notwendig, weil das Rohöl stets eine größere Menge Schleimstoffe und harzartige Stoffe absetzt.

Beim Behandeln mit Natronlauge wird das rohe Öl blauschwarz bis violett gefärbt, woran man es auch erkennen kann.

An chemischen Individuen enthält das Baumwollsaatöl in der Hauptsache die Glyzeride der Palmitin-, Olein- und Linolsäure. Speziell der Gehalt an dieser letzten bewirkt, daß man das Öl zu den halbtrocknenden Ölen zählt, was auch durch seine Jodzahl (= 100) bewiesen wird. Bezeichnend ist der hohe Schmelzpunkt der freien Fettsäuren. Durch die Halphensche Reaktion ist das Kottonöl auch noch in kleinen Mengen nachzuweisen. Die Verwendung des Kottonöles ist ähnlich wie beim Rüböl, meist wird es in geblasenem Zustande dem Mineralschmieröl zugesetzt, um dessen Schmierfähigkeit zu erhöhen. Die zur Verarbeitung von Seife und konsistenten Fetten kommenden Mengen sind bedeutend.

Großes Interesse hat in den letzten Jahren die Soyabohne gewonnen. Ihr Anbau in Europa ist verschiedentlich versucht worden, doch kommen die größten Mengen aus Ostasien, neuerdings werden sie auch in Afrika angepflanzt. Zur Gewinnung des Öles extrahiert man meist mit Lösungsmitteln; der verbleibende Kuchen wird als Dünger verwendet. Das Öl ist von heller Farbe und enthält ungesättigte Säuren, die sich durch hohe Jodzahl (ca. 130) sowie dadurch zu erkennen geben, daß das Öl, in dünner Schicht aufgetragen, langsam unter Bildung einer Haut eintrocknet. Aus diesem Grunde ist das Öl für Schmierzwecke nicht sehr geeignet, dagegen lassen sich aus ihm sehr gute Seifen und Schmierfette herstellen.

Die zur Gruppe der trocknenden Öle gehörigen Fette werden in purem Zustande überhaupt nicht verwendet, da sie infolge ihrer Eigenart, an der Luft zu erhärten, sehr bald die Lager verstopfen würden und durch Bildung eines Lackes die Schmierwirkung illusorisch werden würde. Infolgedessen soll auf Einzelheiten hier nicht eingegangen werden, sondern es sei nur daran erinnert, daß die hierher zu rechnenden Öle — Leinöl, Holzöl, Sonnenblumensamenöl und Mohnöl — durch den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren ausgezeichnet sind. Ihre Hauptverwendungsgebiete sind daher die Firniß- und Lackindustrie. Indessen auch bei der Schmierseifenfabrikation werden sie mit verarbeitet, ferner bei manchen ganz speziellen Schmierstoffen, wie z. B. bei Zahnradglätte und ähnlich adhärierend wirkenden Produkten.

Endlich sei noch einiger fester Pflanzenfette Erwähnung getan, und zwar des Kokosfettes, des Palmöles und des Palmkernöles. Alle drei finden in der Hauptsache als Speisefett Verwendung, indes dienen sie auch zur Herstellung von Seifen und sind somit für die Bereitung von Schlichte- und

Appreturmittel von gewisser Bedeutung. Die festen Fette enthalten eine große Menge von Glyzeriden der Fettsäuren mit niedriger Kohlenstoffzahl, wie Myristin-, Laurin- und Kaprylsäure. Hierdurch wird die hohe Verseifungszahl bedingt, die Neigung ranzig zu werden sowie die Eigenart, keine aussalzbaren Seifen zu geben, d. h. die Seife setzt sich nur bei Zugabe von sehr konzentrierter Kochsalzlösung ab. Das Palmöl enthält weniger Fettsäuren mit niedriger Kohlenstoffzahl, ist aber ebensowenig wie das Kokosöl und Palmkernöl für die Herstellung von Schmierfetten geeignet. Das Vorkommen dieser Fette umfaßt die tropischen Länder, woher es in großen Mengen nach Europa eingeführt wird.

Dikafett und Muskatbutter, als Vertreter der festen Fette, finden als Schmierstoffe schon ihres geringen Vorkommens wegen kaum Verwendung. Das Dikafett aus den Früchten des in Mittelafrika vorkommenden Dikabaumes ist ein weißes, festes Fett, aus dem leicht Seifen und Kerzen hergestellt werden können.

Die Muskatbutter ist ein aus der Muskatnuß gewonnenes Fett, das in der Pharmazie zur Herstellung von Hautsalben dient. Für die Schmiermitteltechnik sind die erzeugten Quantäten viel zu klein.

Das mit dem irreführenden Namen bezeichnete Japanwachs ist ebenfalls ein echtes Fett, bestehend aus den Glyzeriden der Palmitin- und der Japansäure. Es wird aus dem Fruchtfleisch und den Samen gewisser Sumachbäume in Japan durch Pressen gewonnen und kommt meist in gebleichtem Zustand in den Handel. Es ist sehr hart, wachsartig, von weißer bis gelblichweißer Farbe. (Konstanten s. Tabelle S. 68ff.) Für gewisse hochschmelzende Schmierprodukte, ebenso für die Lederkonservierung, Bohnermassen u. dgl. wird das Japanwachs in größeren Mengen verarbeitet.

2. Die tierischen Öle und Fette. Die dem Tierreich entstammenden Fette und Öle ähneln in großen Zügen den pflanzlichen. Chemisch sind sie ganz analog gebaut und eine Unterteilung läßt sich in gewissen Grenzen an Hand der Jodzahl vornehmen. Mit Bezug auf den Sättigungsgrad lassen sich Parallelen ziehen zu den im Pflanzenreich vorkommenden trocknenden, halbtrocknenden und nichttrocknenden Ölen. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, entsprechen die Öle und Fette der Seetiere den trocknenden, die der Landtiere den nichttrocknenden. Hierzu kommen bei den Seetieren einige Arten, die als Zwischenstufe mit den halbtrocknenden verglichen werden

können. Eine einwandfreie Unterscheidung zwischen tierischem und pflanzlichem Fett gibt nur die charakteristische Form und der Schmelzpunkt der in ihren unverseifbaren Anteilen sich findenden Sterine resp. deren Azetate.

Die aus den Seetieren gewonnenen Öle werden meist unter dem Sammelnamen Tran zusammengefaßt. Sie zeichnen sich durch ihren eigenartigen, fischähnlichen Geruch aus. Ihr spezifisches Gewicht schwankt zwischen 0,900 bis 0,930. Chemisch ist ihre Zusammensetzung sehr verschieden, neben Palmitin und Stearinsäure enthalten sie eine Reihe von ungesättigten Verbindungen, die indes mit der Linol- und Linolensäure nicht identisch sind. Die Folge ist, daß die Trane trotz ihrer hohen Jodzahl, etwa um 140 herum, nicht in dem Maße zum Eintrocknen und Verharzen neigen, wie das schnelltrocknende Leinöl, infolgedessen können die Trane ähnlich dem Rüböl zu Schmierzwecke verwendet werden.

Je nach der Herkunft resp. je nach der Tierklasse, der die Öle entstammen, lassen sich die Trane einteilen in Fischöle, Leberöle und Trane im besonderen. Bei den Fischölen wird der ganze Fischkörper zur Gewinnung des Öles verarbeitet, bei den Leberölen dient die besonders fettreiche Leber als Ausgangsmaterial, während die fetthaltigen Teile aller übrigen Seetiere, speziell der Wale und Robben, den Tran im eigentlichen Sinne des Wortes liefern.

Zu den Fischölen zählt der Menhadentran, Sardinentran und Heringstran. Sie werden durch Auskochen der ganzen Fischmasse mit Wasser gewonnen, wobei das austretende Öl an die Oberfläche tritt und abgeschöpft wird. Dieses ist von hellgelber bis gelbbrauner Farbe, die Dichte ist etwa 0,930. Es enthält wechselnde Mengen fester Anteile, die durch Kühlen und Filtrieren des Öles abgeschieden und getrennt werden, wobei man ein kältebeständiges Öl erhält. Große Tranmengen werden zum Geschmeidigmachen des Leders und als Zusatz zu Schmiermitteln benutzt. Es sei erwähnt, daß die bei der Ölgewinnung verbleibenden hochstickstoffhaltigen Rückstände im weitesten Maße als Düngemittel verwendet werden.

Die aus den Lebern des Dorsch und Hais gewonnenen Öle finden in der Hauptsache in gereinigtem Zustande als Medizin Verwendung, während die unraffinierten Sorten in beschränktem Maße teils in der Lederindustrie, teils zur Herstellung konsistenter Schmiermittel verarbeitet werden.

Zur Gewinnung des Waltrans, Robbentrans und verwandter Tiere wird der Speck dieser Tiere mit Wasser aus-

gekocht, wobei die Grieben zurückbleiben. Der so erhaltene rohe Tran kann weiterverarbeitet werden, indem man ihn raffiniert, entsäuert oder bleicht. Die Farbe dieser Trane schwankt sehr stark je nach Art der Gewinnung und ob frischer oder alter Speck verkocht wird. Der Robbentran ist relativ stearinarm, hat also einen niedrigen Stockpunkt. Bemerkenswert für alle Trane ist ihr hoher Gehalt an Unverseifbarem, der bis über 1 % ansteigt; ferner oxydieren sich die ungesättigten Verbindungen und bilden Oxysäuren, welche in Petroläther nicht mehr löslich sind.

Die Verwendung der Trane ist beschränkt durch den ihnen anhaftenden sehr unangenehmen Geruch. Die verschiedensten Verfahren sind veröffentlicht, um Trane geruchlos zu machen, meist ohne den gewünschten Erfolg. Diese Eigenart schließt den Tran für die Verwendung zu menschlichen Genußzwecken aus. Erst durch das sog. Härtungs- oder Hydrogenisationsverfahren ist dieser Übelstand überwunden worden.

Durch Anlagerung von Wasserstoff an die ungesättigten Verbindungen, und zwar bei Gegenwart von sog. Katalysatoren, wie Platin, Palladium und Nickel, gelingt es, aus den sehr stark riechenden, flüssigen Tranen Produkte zu schaffen, welche fest, hellfarbig und für den menschlichen Genuß geeignet, für die Seifenfabrikation aber sehr gut verwendungsfähig sind.

Öle der Landtiere. Diese Fette und Öle weisen alle eine besonders niedrige Jodzahl auf. Sie liegt etwa zwischen 40 bis 60, ist also noch niedriger als die der nichttrocknenden Öle. Demzufolge sind alle hierhergehörigen Öle durch ihre Unveränderlichkeit ausgezeichnet und daher für gewisse Schmierzwecke ganz besonders geeignet.

Das S c h m a l z ö l oder L a r d ö l ist der flüssige Anteil des Schweineschmalzes und wird aus diesem durch Auspressen des abgekühlten Fettes gewonnen. Je nach der Intensität des Abkühlens und des Abpressens erhält man mehr oder weniger kältebeständige Öle. Sie bestehen aus wechselnden Mengen Palmitin, Stearin und Olein. Als Schmiermittel für feinste Mechanismen wird es infolge seiner Beständigkeit gegen Kälte sowie gegen das Sauerwerden speziell in Amerika, wo es auch sehr preiswert ist, ausgiebig verwendet. Es ist ebenso beständig wie Knochenöl und tritt oft an dessen Stelle.

Das K n o c h e n ö l wird in großen Mengen aus den Knochen der geschlachteten Tiere, und zwar der Rinder und Pferde gewonnen, und zwar finden zwei Methoden Verwendung: erstens das Auskochen des ölhaltigen Materials entweder im offenen

Kessel oder im geschlossenen Kessel unter Druck, im sog. Autoklaven, mit nachfolgendem Trennen des Öles von der wäßrigen Leimschicht; zweitens wird neuerdings auch vielfach das Extrahieren mit Lösungsmitteln, speziell mit Benzin, angewandt. Das sog. Benzinknochenfett liefert zwar eine wesentlich höhere Ausbeute, indessen hat das Fett einen stark anhaftenden Geruch, zeigt eine dunklere Farbe und enthält mehr freie Fettsäuren. Auch bedingt der hohe Kalkseifengehalt einen größeren Wassergehalt. Durch Umschmelzen und Einleiten von Wasserdampf wird das Öl gereinigt. — Während das Knochenfett meist viele feste Anteile, also Stearine, enthält, wird aus den Klauen der Wiederkäuer, wie Rind und Schaf sowie der Huftiere, ein flüssiges Fett erbeutet, welches unter dem Namen Klauenöl in den Handel gelangt. Die Gewinnung ist analog wie beim Knochenöl, es resultiert ein hellgelbes, fast geruchloses, meist angenehm schmeckendes Öl, welches je nach seinem Stearingehalt bei höherer oder niederer Temperatur erstarrt. Das Rinderklauenöl speziell ist von hervorragender Beständigkeit, und gelingt es, die Stearine weitgehendst zu entfernen, so hat man ein Produkt gewonnen, das zur Schmierung von sehr feinen Mechanismen, wie Uhren und Präzisionsinstrumenten, ganz vorzüglich geeignet ist. Auch bei der Herrichtung des Leders wird das Klauenöl ausgiebigst verwendet.

Die übrigen animalischen Fette, wie Rindertalg, Hammeltalg und Schweineschmalz, sind alle durch ihren hohen Gehalt an Palmitin und Stearin gekennzeichnet. Im unverarbeiteten Zustande werden sie als Schmiermittel so gut wie gar nicht verwendet, dagegen dienen sie vielfach als Grundlage bei der Seifenfabrikation sowie auch bei der Herstellung konsistenter Fette.

Man unterscheidet die Talgsorten sowohl nach ihrer Herkunft, nach Schmelzpunkt, Härte, nach dem wechselnden Gehalt an freien Fettsäuren. Für Schmierzwecke soll der Talg natürlich möglichst säurefrei sein, sofern er aber verarbeitet, also verseift wird, schadet ein gewisser Gehalt an freien Säuren nichts.

Die Gewinnung des Talges geschieht, wie oben beschrieben, meist durch Auskochen, selten durch Extraktion. Der Hammeltalg ist der Veränderung leichter unterworfen und nimmt dann einen eigenartigen Geruch an. Das Schweineschmalz wird in großen Mengen für Speisezwecke gewonnen, nur die geringeren Qualitäten werden der Seifenindustrie zugeführt. Es ist weicher als Talg und enthält gewisse Mengen ungesättigter Fettsäuren, trotzdem ist seine Beständigkeit relativ hoch.

3. Abfallfette. Neben dieser großen Zahl der natürlich vorkommenden Fette, deren Hauptvertreter aufgezählt wurden. kommen nun noch eine Anzahl Fettsorten in den Handel, die auf künstlichem Wege, gewissermaßen als Abfallprodukte gewonnen werden und durch ihre Billigkeit ebenso wie durch ihre mindere Qualität ausgezeichnet sind.

Hierzu zählen das Lederextraktionsfett, welches durch Extraktion der gefetteten Lederabfälle erhalten wird, ferner das Leim- und Abdeckereifett, sowie die aus den Abwässern und Schlammfängern gewonnenen Fettmassen. Alle diese Fette haben bei der Rohstoffknappheit während des Krieges eine gewisse Bedeutung erlangt, dürften aber heute wieder seltener Verwendung finden. Infolge ihres hohen Gehaltes an Säure, Kalkseifen und Wasser sind sie für Schmierzwecke, durch ihren Gehalt an Unverseifbarem auch für die Seifenherstellung nur schlecht verwendbar. In gewissen Quantitäten dienen sie zur Herstellung konsistenter Fette.

4. Wachse. Wie bereits eingangs erwähnt, sind die Wachse chemisch von den Fetten wesensverschieden; es handelt sich hier um Verbindungen von Alkoholen mit hoher Kohlenstoffzahl. Man unterscheidet flüssige und este Wachse. Die flüssigen Wachsarten sind als Schmiermittel insofern von Bedeutung, als sie im Gegensatz zu den flüssigen fetten Ölen sehr beständig sind, keine Fettsäuren abspalten und geringe Mengen fester Anteile enthalten. Ihr Gewicht sowie ihre Zähflüssigkeit ist kleiner als die entsprechenden Werte bei den Ölen (s. Tabelle). Die zu dieser Gruppe zählenden Wachsarten sind das Spermazetöl und der Döglingstran. Ihre Produktion ist nur gering. Die genaue Konstitution ist nicht bekannt. In Amerika werden diese Öle als Schmiermittel geschätzt, doch sind die in den Handel kommenden Mengen verhältnismäßig klein.

Der Hauptvertreter der festen Wachse ist das Bienenwachs. Dieses Verdauungsprodukt der Bienen, aus welchem diese ihre Waben aufbauen, ist eine gelbe bis braungefärbte Masse von eigentümlichem, honigartigem Geruch und klebender, plastischer Konsistenz. Es kommt in verschiedensten Sorten in den Handel, bald als reines Bienenwachs, gebleicht und ungebleicht, bald als Extraktionswachs, sehr oft verfälscht durch Zusätze von Zeresin, Paraffin und raffiniertem Montanwachs. Bezüglich der Eigenschaften des Wachses sowie bezüglich seiner Untersuchung auf Reinheit, ob gebleichtes oder ungebleichtes Wachs vorliegt, muß auf die sehr umfangreiche Literatur hingewiesen werden (Ubblohde, Hefter usw.). Als reines

Schmiermittel wird Wachs nur sehr selten verwendet, höchstens wird es bei speziellen Präparaten in kleinen Prozentsätzen zugesetzt, infolgedessen erübrigt sich eine eingehendere Besprechung.

Das gleiche gilt vom Karnaubawachs, einem der Karnaubapalme entstammenden Produkte. Das spezifische Gewicht dieses Wachses ist nahezu gleich 1,0, sein Schmelzpunkt ist sehr hoch. Dieser Umstand sowie die Eigenschaft, in dünner Schicht einen Hochglanz zu geben, machen diesen Stoff geeignet für Putzseifen, Schuhcreme und Fußbodenmittel.

Von gewisser Bedeutung für die Herstellung einiger Schmiermaterialien, wie Fette, Walzenfettbriketts und vieler Spezialartikel, sind die aus dem **Wollfett** hergestellten Produkte. Bei der Gewinnung von Wolle wird aus den abfließenden Waschwässern eine fettartige Substanz gewonnen, die als Rohwollfett in den Handel gebracht wird. Dieses aus dem Schweiße der Schafe stammende Produkt wird verschiedenen Reinigungs- und Raffinationsprozessen unterworfen, und es entstehen dann verschiedenartige braune bis hellgelbe Erzeugnisse. Das bestgereinigte ist die sog. Adeps lanae des Deutschen Arzneibuches. Chemisch ist das Wollfett und seine Abkömmlinge charakterisiert als ein Gemisch von Estern und höheren Alkoholen. Die in ihm enthaltenden Fettsäuren sind vorwiegend Palmitin und Cerotinsäure. Alkohole sind bis zu 50 % im Wollfett enthalten, außerdem finden sich noch bedeutende Mengen cholesterinartige Anteile, das sog. Oxycholesterin. Diese verleihen dem Wollfett die Eigenschaft, große Mengen Wasser zu absorbieren, d. h. in sich aufzunehmen. Der Gehalt an Cholesterinen kann durch gewisse Farbreaktionen festgestellt werden. Mit Essigsäureanhydrid und konzentrierter Schwefelsäure entsteht eine intensive Grünfärbung. Durch Destillation des rohen Wollfettes mit überhitztem Wasserdampf zerlegt man es in verschiedene Fraktionen. Zunächst geht das Wollfettolein über, aus dem durch Abpressen die festen Anteile abgeschieden werden. Es eignet sich zur Herstellung konsistenter Fette und von Schlichtepräparaten und enthält ca. 50 % freie Fettsäuren und sehr viel Unverseifbares, welcher Umstand aber für obige Verwendungszwecke nicht schädlich ist. Die über 300° bei der Wasserdampfdestillation übergehenden Anteile mit einem Schmelzpunkt von unter 45° kommen als Graisse blanche de suint in den Handel. Bei noch höherer Temperatur übergehende Anteile heißen Graisse jaune und schmelzen über 45°. Beide Produkte finden ebenfalls in der Fett- und Brikettfabrikation

Verwendung, auch bei der Herstellung von Lederfetten und von Schlichtepräparaten können sie verarbeitet werden.

5. Harze und aus ihnen gewonnene Produkte. Die in den Nadelhölzern auftretenden Harze und die aus ihnen gewonnenen Destillationsprodukte werden in gewissen Grenzen zu Schmierzwecken verwendet, so daß eine kurze Besprechung wohl am Platze ist. Die Hauptgewinnungsländer für die Harze sind Frankreich und Amerika. Der aus den Rinden der Nadelhölzer entfließende Saft, das Rohharz, wird der Destillation unterworfen; hierbei zerfällt es in Terpentinöl und Kolophonium. Das Terpentinöl wird als Verdünnungsmittel speziell für Lacke und für Bohnermassen und Schuhcreme verwendet. Das Kolophonium oder Harz im engeren Sinne ist eine glänzende, spröde, pulverisierbare Masse von dunkelbrauner bis hellgelber Farbe, je nach dem Grade der Reinigung. Der Schmelzpunkt schwankt in weiten Grenzen von 70 bis 120°. Es löst sich in den meisten organischen Lösungsmitteln. Seinem chemischen Charakter nach besteht es hauptsächlich aus Säuren, die allerdings mit den Fettsäuren nicht identisch sind, sich aber in ihrem Verhalten ähnlich wie diese erweisen. Sie lassen sich mit Alkalien verseifen und geben seifenähnliche Produkte.

Unterwirft man das Kolophonium der Destillation, sei es im Kessel über freier Flamme, sei es mit überhitztem Wasserdampf, so geht neben dem dünnflüssigen Harzspiritus, dem Pinolin, bei einer Temperatur über 300° ein schweres flüssiges Harzöl über. Es verbleibt das sog. Schmiedepech in der Destillationsblase. Bei der Destillation im Vakuum bilden sich folgende Fraktionen: Harzessenz, blondes, blaues und grünes Harzöl. Chemisch stellen die Harzöle ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen und Harzsäuren dar, doch überwiegt der Gehalt an Kohlenwasserstoffen. Von den Mineralölen sind sie durch verschiedene Eigenschaften deutlich unterschieden. Teilweise löslich sind die Harzöle in Alkohol, worin die Mineralöle nahezu unlöslich sind. Mit Azeton ist das Harzöl in jedem Verhältnis mischbar, Mineralschmieröl löst sich darin fast gar nicht. Die Verdampfbarkeit ist bei den Harzölen sehr stark, desgleichen liegt der Flammpunkt wesentlich tiefer. Die höhere Jodzahl gegenüber den aus den Erdölen stammenden Produkten, die optische Aktivität, ferner das hohe spezifische Gewicht sind weitere Unterscheidungsmerkmale. Außerdem geben die Harzöle spezifische Farbreaktionen. Mit konzentrierter Schwefelsäure geschüttelt, färbt sich diese blutigrot, sofern Harzöl in der Mischung zugegen ist; ferner geben die Harzöle die Storch-

Liebermannsche Reaktion: Rotviolettfärbung beim Schütteln mit Essigsäureanhydrid und konzentrierte Schwefelsäure. Ein etwas genaueres Eingehen auf dieses Produkt war insofern am Platze, als das Harzöl vielfach als Schmieröl resp. als Zusatz zu Schmieröl geliefert wurde, wozu es aber infolge seines starken Verharzungsvermögens durchaus ungeeignet ist. Bei der Herstellung von Wagenfetten sowie von anderen Spezialartikeln, beispielsweise von wasserlöslichen Ölen, findet es häufig Verwendung. Auch zur Füllung von Transformatoren wurde es vielfach benutzt.

6. Naphthensäuren und künstliche Fettsäuren aus Kohlenwasserstoffen. Eine kurze Erwähnung müssen noch die bei der Gewinnung und Reinigung des Mineralöls anfallenden Naphthen- und Naphthasulfosäuren finden, da sie einen den Fettsäuren ähnlichen Charakter besitzen. Bekanntlich entfallen bei der Raffination der Mineralöle beim Laugen des gesäuerten Öles die sog. Abfallaugen, aus welchen durch geeignete Behandlung mit Säuren und Abscheidung der darin enthaltenen Salze das Seifenöl erhalten wird. Dieses meist sehr schlecht riechende Produkt wird zur Herstellung von Seifen, für untergeordnete Schmierzwecke, ferner für Bohr- und Schneideöle verwendet. Die Qualität und die äußere Beschaffenheit wechselt außerordentlich stark bei diesem Abfallprodukt und schwankt je nach dem Ausgangsmaterial, aus dem es gewonnen wird. Am besten sollen die aus russischem Erdöl gewonnenen sich bewährt haben. Der Geruch soll durch Oxydation mit Permanganat sowie durch Alkalischmelze beseitigt werden können.

Im Anschluß an die natürlichen im Erdöl vorkommenden fettsäureähnlichen Substanzen soll noch kurz erwähnt werden, daß es nicht an Bemühungen gefehlt hat, auf irgendeine Weise die Kohlenwasserstoffe in Fettsäuren überzuführen. Schon Bolley und Tuchschmidt[1]) sowie Jacubowitsch[2]) beobachteten, daß sich Paraffin beim Erhitzen auf 120 bis 150° braun färbt. Es ist dann seit langem gelungen, Kohlenwasserstoffe durch Oxydation in Fettsäuren zu verwandeln. Die ersten Versuche im großen stammen von Schaal. Späterhin wurden weitere Versuche gemacht, in denen teilweise unter Druck, teilweise bei Gegenwart von Katalysatoren der verschiedensten Art die Oxydation erzwungen wurde. Kelber[3]) verwendet Mangan und seine Salze als Katalysator. Frank[4]) wendet eine dem Bergin-

---

[1]) Bolley und Tuchschmidt, C. 1868, S. 500.
[2]) Jacubowitsch, Ber. 1875, S. 768.
[3]) Kelber, Ber. 53, S. 66.
[4]) Frank, U. 1920, S. 89, 195.

verfahren ähnliche Methode an, indem er unter Druck und in einer Sauerstoffatmosphäre die Öle verkrakt. Hierbei sollen Fettsäuren gewonnen werden, aus denen mit der gewöhnlichen Seife gleichwertige Produkte hergestellt wurden. Auch Franz Fischer und Schneider[1]) sowie Adolf Grün[2]) und viele andere Forscher haben sich mit diesem Problem eingehend befaßt. Hierher zu rechnen sind auch die bereits erwähnten Versuche von Harries, Albrecht und Köttschau, welche aus Braunkohlenölen über die Ozonide zu Fettsäuren gelangten. Bislang hat sich allerdings die Durchführbarkeit im Großbetrieb noch bei keinem dieser Verfahren erwiesen.

h) Kondensierte Öle und Voltolöl.

Zum Schlusse dieses Kapitels soll noch hingewiesen werden auf gewisse Produkte aus tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten, die in der Schmiermitteltechnik ganz besondere Bedeutung gewonnen haben. Es sind dies die „geblasenen" oder „kondensierten" Öle. Man hat nämlich gefunden, daß durch Einblasen von Luft bei 70 bis 120° die Zähflüssigkeit der Öle sehr bedeutend zunimmt und die Eigenschaften der Öle sich ebenso ändern. Diese „geblasenen" oder „eingedickten" Rüböle, Kottonöle, Knochenöle, Trane und Rizinusöle werden dem Mineralöl zugesetzt und ergeben alsdann Schmierprodukte von ganz vorzüglicher Schmierwirkung und bewirken eine beträchtliche Erhöhung der Zähigkeit. Durch das Einblasen der Luft wird ein Teil der ungesättigten Fettsäuren oxydiert, ein Teil polymerisiert, die Fettsäuren treten zu größeren Molekülkomplexen zusammen, wodurch die Steigerung der Viskosität bedingt ist. Ein Teil der flüchtigen Fettsäuren wird abgetrieben, außerdem tritt Laktonbildung ein und es bilden sich benzinunlösliche Oxysäuren. Je höher die Temperatur, bei der geblasen wurde, um so dunkler wird das kondensierte Öl. Die geblasenen Öle werden nach Gewicht oder nach Viskosität eingedickt; beispielsweise bis zu einem Gewicht von 0,970 oder einer Viskosität von 50° Engler bei 50° C.

Ein Verfahren, das diesen Prozeß bis zu einem gewissen Extrem treibt und die Öle bis auf sehr hohe Viskositäten bringt, ist das von de Hemptinne patentierte Voltolisierungsverfahren. Hierbei werden die Öle unter vermindertem Druck, und zwar in einer Wasserstoffatmosphäre, den Einwirkungen stiller

[1]) Franz Fischer und Schneider, Ber. 1920, 53, S. 922.
[2]) Adolf Grün, Ber. 53, 1920, S. 987.

elektrischer Entladungen ausgesetzt. Die Fabrikation geschieht in liegenden, allseitig geschlossenen Kesseln, in denen ein verminderter Druck von ca. 60 bis 65 mm Hg. Säule besteht. 15 bis 3000 kg Öl werden auf einmal den Einwirkungen von elektrischen Glimmentladungen ausgesetzt. Ein aus Aluminiumblechen bestehender Elektrodenkörper ist auf einer horizontalen Achse drehbar, wobei das zu voltolisierende Öl ständig an ihnen herunterrieselt. Zur Erzeugung von Glimmentladungen dient ein Einphasendrehstrom. Die Temperatur während der Voltolisierung beträgt wie beim Kondensieren ca. 80 bis 100° C. Hierbei tritt eine Polymerisation ein, verbunden mit einer Anlagerung von Wasserstoff, und es bilden sich außerordentlich zähflüssige Produkte, welche, wenn sie dem Mineralöl zugesetzt sind, diesem ganz hervorragende Schmiereigenschaften verleihen. Man kann sowohl fette Öle allein, als auch Gemische von fettem Öl mit Mineralöl, als auch endlich Mineralöl allein voltolisieren. Man erhält bei der Voltolisation Produkte mit folgenden Daten:

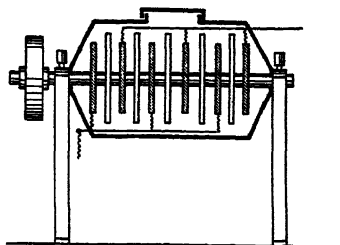



Abb. 3. Voltol-Apparat.

	Dichte	Br. Ind.	Visk. bei 100°	S. Z.	J. Z.	mittl. Mol.-Gem.
Rübölvoltol	0,974	1,485	83,6	11,7	52	1200
Tranvoltol	0,982	1,485	74,9	15,4	51	1000

Der höchst erreichte Zähflüssigkeitsgrad war 170° Engler bei 100°. In allen solchen Fällen, in denen die gewöhnlichen Schmiermaterialien nicht ausreichen, können mit Voltolölen Wirkungen hervorgerufen werden, die mit Bezug auf Reibungsverminderung und Herabsetzung der Temperatur im Lager als erstaunlich gelten müssen.

Erwähnt sei hier, daß die Voltolöle während des Krieges es ermöglichten, das mangelnde Rizinusöl, welches für die Schmierung der Umlaufmotore überall sonst als unentbehrlich bezeichnet wurde, bis zu einem Grade, man kann sagen mit sehr gutem Erfolge, zu ersetzen. Die Deutsche Elektrion-Öl-Gesellschaft m. b. H. in Potschappel, eine Tochtergesellschaft der Ölwerke Stern-Sonneborn A.-G. in Hamburg, wurde 1917 bis 1918 erbaut und stellt die Voltolöle nun auch in Deutschland her.

Tabelle der Konstruktion der meistgebrauchten Öle und Fette.

Art des Öles	Visk. bei 20°	Spez. Gew. 15°	Erstarrungspunkt	V.-Z.	Jodz. des Öles	R.-M.-Z.	Azetylzahl	Heher-Z.	Titertest. Erstarrungspkt. d. Fette	Bemerkungen
Olivenöl	11—13	0,914 —0,919	bei — 9° erstarrt, zuweilen bei 0° fest	189 —196 meist 190	79—85	0,2 —0,8	4,7	94—96	17 —24,6	Hauptsächlich Olein und Palmitin, wenig Linolein enthaltend. Bis 1,4 % unverseifbare Anteile.
Erdnußöl Arachisöl	10—12	0,916 —0,920	bei 0° erstarrt	189 —194	86—98	0,4 —1,6	3,4	94—96	22 —29,5	Hauptsächl. Olein, Palmitin u. Stearin enthaltend, sowie ca. 5 % Arachinsäure. Smp. 75°.
Rizinusöl	139 —140 oder 16—18 b. 50° C	0,961 —0,973	—10/—18	176 —183	82—88	0,2 —0,3	150 —154	—	3	Mit 95 %igem Alkohol in beliebigen Verhältnissen mischbar, in Petroläther u. Benzin unlösl. 0,3 % Unverseifb. Glyzerid d. Rizionlsäure (Oxysäure).
Rüböl	ca. 13	0,913 —0,917	bei 0° talgartig	um 175	97—105	0,1 —0,5	6,3	95	11,7 —13,6	Rohes Öl hat eigenartigen Geruch, mit konz. $H_2SO_4 \cdot 1{,}53$. Grünfärbung. Glyzeride der Eruka- und Rapinsäure.
Baumwollsaatöl	9—10	0,922 —0,930	um 0°	um 195	102—111	0,2—1	16,6	96	32,2 —37,6	Halphensche Reaktion, enthält Linolein, Olein, Palmitin und Stearin.
Soyabohnenöl	8—9	0,925 —0,927	—8/—16	um 193	130—135	0,1 —0,7	—	96	23—24	Mittelgut trocknend; neben Palmitinsäure Ölsäure, Linol- und Linolensäure. 0,2—0,7 Unverseifbares.

Leinöl	6,8 —7,4	0,931 —0,936	—15 flüssig, —16/—21 erstarrt	188 —192	ca. 175—190	—	8,5	—	19 —20,6	Gehalt an Unverseifbarem bis 1,5 %. Neben gesättigten Fettsäuren b. 35 % Linolsäure und 35—45 % Linolensäure.
Palmöl aus Fleisch der Früchte	—	0,912 —0,948	Schmp. nach Alt. u. Urspr. 27—42°	196 —210	44—58	0,5 —1,9	1,8	94,2 —97,0	35,8 —45,6	Palmitin u. Olein, wenig Linolsäure. Farbe orangegelb-schmutzig-dunkelrot. Viel freie Fettsäure.
Palmkernöl	—	0,941 —0,952	Schmp. 23—28	241 —250	10—18	5—7	1,9 —4,8	87,6 —91,1	20 —25,5	Angenehmer Geruch u. Geschmack nußartig. Viel Laurin, Caprin und Caprylsäureglyzeride.
Kokosnußöl	—	0,925 —0,938	Schmp. 20—28	246 —258	ca. 9	5,6 —7,4	0,9 —1,2	82,4 —90,5	21,2 —25,2	Viel Laurin u. Myristinsäure. Zieml. leicht lösl. in Alkohol.
Dikafett	—	0,820	Schmp. 29—31	244,5	ca. 31	0,42	—	—	—	—
Muskatbutter	—	0,945 —0,996	Schmp. 38,5—51	153 —161	40—59	1,0 —4,2	—	—	40	8,5 % Unverseifbares. Viel Myristinsäure.
Japanwachs	—	0,970 —0,980	Schmp. 48—53	217 —237	4,2—12,8	1,2	27 —31,2	90,6	53—56	Glyzerid d. Palmitin u. Japansäure; sehr fest, wachsartig.
Knochenöle	12,0	0,914 —0,916	um 0° nach Herstellungsart	191 —201	nach Stearingeh. v. 44—75	—	—	92—96	26,1 —26,5	Olein und Stearin; erkennbar an dem eigentümlichen Geruch.
Rindstalg	—	0,943 —0,952	42,5—46	193 —200	35—44	0,75 —0,5	2,7 —8,6	95—96	37,9 —46,3	Palmitin, Olein und Stearin. Beim Abpressen von Hammeltalg erhält man Oleomargarine.

Tabelle der Konstruktion der meistgebrauchten Öle und Fette.

(Fortsetzung von Seite 68/69.)

Art des Öles	Visk. bei 20°	Spez. Gew. 15°	Erstarrungspunkt	V.-Z.	Jodz. des Öles	R.-M.-Z.	Azetylzahl	Heher-Z.	Titertest. Erstarrungspkt. d. Fette	Bemerkungen
Hammeltalg	—	0,937 –0,940	46,5–51	193 –196	35–46	—	—	95,5	43–46	Wird leichter ranzig wie Rindstalg.
Schmalz od. Lardoil	—	0,915	10, auch niedriger	191 –196	67–82	—	—	—	—	Olein erhalten durch Abpressen des Schweineschmalzes. Dem Olivenöl ähnlich.
Robbentran	—	0,925 –0,926	–2/–3	189 –196	127–152	0,07 –0,44	—	93 –95,5	15,5 –15,9	Geruch bewirkt durch Klupanodonsäure und Amine. Farbe gelblich-dunkelbraun.
Sardinentran	—	0,933? japan. 0,916	—	189 –192	193	—	—	94,5	—	Unverseifbares bis 0,6 %, wird aus Japan in den Handel gebracht.
Dorschlebertran	—	0,922 –0,941	0/–10	171 –193	135–168	0,2 –2,1	—	95,3 –96,5	13,3 –24,3	Hellblank, braunblank oder braun. 0,3–1,3 Cholesterin; bis 2,7 % Unverseifbares.

Eine Methodik zur Kennzeichnung der Voltolöle liegt noch nicht vor, ebenso ist die Untersuchung der geblasenen Öle äußerst schwierig. Als solche sind sie charakterisiert durch höheres Gewicht, hohe Verseifungszahl, hohe Reichert-Meißl-Zahl und Azetylzahl; nur die Jodzahl sinkt beträchtlich, während der Gehalt an Oxysäuren naturgemäß stark ansteigt[1]).

II. Prüfung und Untersuchung der Schmiermittel.

A. Prüfung der reinen Mineralöle.

Jeder Betriebsingenieur, der der Ökonomie der Schmiermittel seines ihm unterstellten Betriebes einige Aufmerksamkeit zuwendet und bestrebt ist, gute und zugleich preiswerte Schmiermittel einzukaufen, muß sich notwendig auch mit der Prüfung und Untersuchung der von ihm verwendeten Materialien vertraut machen. Nicht als ob er nun eine präzise chemisch-wissenschaftliche Untersuchung anstellen soll, das bleibe den Fachlaboratorien und wissenschaftlichen Instituten überlassen. Indessen mit einem relativ wenig umfangreichen Instrumentarium vermag der Betriebsmann die Schmierstoffe doch soweit zu prüfen, daß er sich darüber Klarheit verschaffen kann, ob tatsächlich das Öl geliefert wurde, welches laut Vertrag angeboten wurde. Auch vermag er im eigenen Laboratorium festzustellen, inwieweit das Öl den von ihm gewünschten Anforderungen genügt und ob es irgendwelche Beimengungen aufweist, die der Schmierung, also den Lagern, Kurbeln und Zapfen nachteilig sein könnten. Es ist ja leider nur zu bekannt, daß gerade im Ölhandel Waren mit Mängeln vertrieben werden, die erst bei längerem Gebrauch zutage treten. Ebenso ist durch den ganzen Aufbau des Ölhandels, dadurch, daß viele und kleine Händler den Markt mit mannigfachen „Spezialprodukten" überschwemmen, eine derartige Unsicherheit und Ungleichmäßigkeit in diesen Handelszweig eingerissen, daß der Verbraucher geradezu genötigt

[1]) Vgl. Marcusson, Zeitschr. ang. Chem. 1920, S. 231. — Ferner Heitmann, Verbands-Mitteilungen der Vereinigung: Dresdner Bezirksverein Deutscher Ingenieure und Dresdner Elektrot. Verein 22. V. 21, XVI. Jahrg., Nr. 10.

wird, die Kontrolle selber in die Hand zu nehmen, sofern er nicht von anerkannt großen Firmen bezieht.

Im nachfolgenden sollen nun in möglichst gedrängter Form die Methoden dargelegt werden, welche für die Charakterisierung und Erprobung der Schmiermittel hauptsächlich in Frage kommen, und zwar sollen zunächst die für die Mineralöle wichtigsten Prüfungsverfahren dargelegt werden. Ich folge hier in den Hauptzügen den in den Büchern von Holde[1]) und Marcusson[2]) festgelegten Methoden, und zwar seien nur die wirklich wichtigsten und alltäglichsten Untersuchungen aufgeführt.

a) Prüfung der äußeren Beschaffenheit.

1. Farbe. An der Farbe des Öles läßt sich meistens feststellen, ob es sich um Destillate oder Raffinate handelt. Erstere sind meist undurchsichtig, in der Aufsicht braun bis grünschwarz. Diese Färbung rührt her von den im Öl noch gelösten asphalt- und kohleartigen Bestandteilen, welche erst durch Raffination resp. durch Filtration aus ihnen entfernt werden. Die so erhaltenen Raffinate sind durchsichtig, und zwar je nach der Stärke der Raffination ändert sich die Farbe von dunkelbraunrot über gelb, hellgelb bis wasserhell, wie es das Paraffinum liquidum sein soll. Die raffinierten Öle haben im auffallenden Lichte einen eigenartigen Schein, und zwar zeigen die amerikanischen eine grünliche, die russischen eine mehr bläuliche Fluoreszenz, welche aber durch Zusatz von sog. Entscheinungsmitteln wie Nitronaphthalin und Anilinfarben zum Verschwinden gebracht werden kann. Fette Öle zeigen hingegen keine Fluoreszenz. Diese Erscheinung beobachtet man am besten gegen einen dunklen Hintergrund, wenn man also das Öl auf eine schwarze Glasplatte bringt. Während in Amerika die Öle nach ganz bestimmten Farbwerten fabriziert und gehandelt werden — zwecks Beurteilung sind eigens gebaute Kolorimeter in Gebrauch —, hat sich diese kolorimetrische Messung in Deutschland vorerst noch nicht eingebürgert. Man hüte sich übrigens vor der weitverbreiteten Anschauung, daß die Schmierfähigkeit resp. das Öl um so besser sei, je heller es raffiniert. Dieses ist ein schwerer Irrtum; gerade die schmierfähigsten Anteile werden bei zu intensiver Raffination aus dem Öl entfernt.

---

[1]) Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle usw.

[2]) Marcusson, Laboratoriumsbuch f. d. Industrie der Öle u. Fette. Halle 1911.

2. Konsistenz. In der Konsistenz variieren die Öle in den weitesten Grenzen, und nach dem Augenschein unterscheidet man folgende Grade:

dünnflüssig oder petroleumartig,
wenig zähflüssig oder spindelölartig,
mäßig zähflüssig, entsprechend leichten Maschinenölen,
zähflüssig, entsprechend schweren Maschinenölen,
dickflüssig, entsprechend flüssigen Zylinderölen,
salbenartig (dünn- oder dicksalbenartig),
schmalzartig,
butterartig,
talgartig.

Da die Behandlung des Öles vor der Untersuchung große Unterschiede bedingt, so ist man übereingekommen, vor der Beurteilung das Öl in dem 15 mm weiten Reagenzglas zunächst 10 Minuten im Wasserbad auf ca. 100° zu erwärmen, endlich 1 Stunde lang auf 20° zu halten. Die Prüfung geschieht dann durch Neigen des Reagenzglases.

3. Geruch. Beim Verreiben des Öles auf dem warmen Handrücken oder zwischen den Fingern tritt der charakteristische Mineralölgeruch auf. Destillate und Raffinate zeigen gewisse Geruchsdifferenzen. Auch Zusätze von fremden Ölen lassen sich auf diese Weise leicht feststellen. Knochenöl gibt einen typischen Leimgeruch, und ebenso lassen sich rohes Rüböl, Senföl, Leinöl sowie Harz- und Teeröle zumeist schon an dem für sie spezifischen Geruch erkennen. Vielfach wird jedoch der Zusatz fremder Öle durch andere Riechstoffe, wie Nitrobenzol, Amylazetat usw., völlig überdeckt.

4. Trübungen. Manche Öle scheinen bei gewöhnlicher Temperatur getrübt. Erwärmt man das Öl auf 50 bis 60° und verschwindet die Trübung alsdann, so rührt sie von Paraffin her, welches entweder ursprünglich im Öle vorhanden oder auch zwecks Verdickung zugesetzt sein kann. Beim Abkühlen des Öles tritt die Trübung wieder auf. Wenn indessen Wasser im Öl vorhanden ist, so wird das Öl erst bei höherer Temperatur völlig klar. Das Öl schäumt, es setzen sich Wassertropfen ab oder bei geringen Mengen tritt ein als „Knacken" oder „Stoßen" bekanntes eigenartiges Geräusch auf; die Wassernebel schlagen sich am oberen Teil des Glases nieder. Beim Abkühlen bleibt das Öl im Gegensatz zu obigen durch Paraffin bedingten Trübungen klar.

Qualitativ läßt sich nach Holde Wasser im Öl in der

Weise nachweisen, daß man einige Kubikzentimeter Öl in einem Reagenzglas, dessen Wände mit Öl benetzt sind, durch ein auf 150° bis 160°, bei Zylinderölen auf 180° erhitztes Paraffinbad erwärmt. Geringe Spuren Wasser geben sich durch Schäumen resp. durch Emulsionsbildung zu erkennen, oder durch das oben erwähnte knackende Geräusch.

Den Wassergehalt bestimmt man quantitativ nach der Methode von Marcusson.

Eine gewogene Menge Öl (100 g, bei wasserreichen Ölen entsprechend weniger) wird unter Vorlegung eines graduierten, unten eng ausgezogenen Zylinders nach Hofmann-Marcusson im Ölbade mit Xylol, das vorher durch Schütteln mit Wasser gesättigt wurde, unter Zugabe vom Bimsteinstückchen destilliert, bis etwa 80 bis 90 ccm übergegangen sind. Die Menge des Wassers wird nach Ausspülen des inneren Kühlerrohres mit Xylol und Abstoßen der an der oberen Wandung des Zylinders haftenden Wassertropfen mit einem dünnen Glasstabe nach kurzem Erwärmen der Vorlage und Wiederabkühlen auf Zimmerwärme direkt abgelesen.

Abb. 4. Wasserbestimmung nach Marcusson.

Handelt es sich um die Wasserbestimmung in Fetten, welche Seifen, speziell Natronseifen, enthalten, so setzt man zweckmäßig zur Vermeidung des Überschäumens etwas Magnesiumchlorid hinzu, wodurch jene in weniger schäumende Magnesiaseifen übergeführt werden. Man kann auch Kaliumbisulfat zugeben, um die Seifen zu zersetzen und in Fettsäuren überzuführen.

Häufig finden sich auch mechanische Verunreinungen, wie Holz, Sand, Fasern u. dgl., welche aus den Fässern herrühren oder sonstwie in das Öl hineingelangt sind. Bei hellen Ölen sind diese direkt in der Durchsicht zu erkennen, bei dunklen Ölen gibt man das Öl durch ein Sieb von $^1/_3$ mm Maschenweite. Zur quantitativen Feststellung der mechanischen Verunreinigungen löst man 5 bis 10 g der gut durchgemischten Probe in 100 bis 200 ccm Benzol und läßt über Nacht absitzen, gießt durch ein gewogenes Filter, welches nun sorg-

fältig mit Benzol nachgewaschen und dann bei 105° getrocknet wird. Man erhält so die Summe der im Öl vorhandenen Salze und Verunreinigungen. Wäscht man nun noch mit Wasser nach, so werden auch noch die Salze entfernt. Nach Trocknen bis zur Gewichtskonstanz ergibt sich aus der Differenz der Gewichte der Gehalt an Salzen.

b) Bestimmung der physikalischen Konstanten.

1. Im **spezifischen Gewicht** besitzen wir eine Konstante, um schnell und sicher Öle zu klassifizieren und bei Öllieferungen ihre Identität festzustellen. Wie bereits im Kapitel I bemerkt wurde, sind Öle der verschiedenen Herstellungsländer in ihrem Gewicht wesentlich voneinander verschieden, so daß man aus dieser Konstanten gewisse Schlüsse auf die Provenienz des Öles ziehen kann. Neben anderen Eigenschaften gibt das spezifische Gewicht auch einen Anhalt, ob ein reines Öl vorliegt. Da die Schmieröle nach Gewicht gehandelt und nach Volumen verbraucht werden, wird man bei sonst gleichen Verhältnissen stets das spezifisch leichtere vorziehen. Dieser Schluß ist allerdings nicht völlig konsequent, denn durch Versuche ist festgestellt worden, daß bei richtiger Schmierung, also wenn gerade nur soviel Öl durch entsprechende Einstellung des Tropfölers diesem entnommen wird, als zur ausreichenden Schmierung notwendig ist, die Differenz im spezifischen Gewicht keinen Einfluß hat. Die Dichte soll nur bei völlig entwässerten Ölen, die auch sonst frei von fremden Bestandteilen sind, ermittelt werden.

Zur Feststellung des spezifischen Gewichtes dienen folgende Methoden:

I. Mit dem Normal-Öläräometer, amtlich geeicht mit Thermometer für eine Temperatur von 15° bezogen auf Wasser von 4° gleich 1. Diese Spindeln lassen sich nur bei größeren Ölmengen verwenden.

Abb. 5. Bestimmung des spez. Gew. durch Spindeln.

Das zu untersuchende Öl wird in einen hohen Standzylinder von 5 bis 6 cm Weite und 50 cm Höhe gegossen, man läßt dann das Aräometer langsam in das Öl hineingleiten und ca. $^1/_4$ Stunde stehen. Man liest dann bei freischwebender Spindel am unteren Miniskus das spezifische Gewicht ab. Zugleich wird auch die Temperatur des Öles am Thermometer notiert. Hat man dunkle Öle zu spindeln, so liest man den oberen Miniskus ab, und

addiert 0,0015 bzw. 0,001, je nach dem die Papierskala länger oder kürzer als 16 cm ist. Die Umrechnung auf die Normaltemperatur auf 15° erfolgt in der Weise, daß für jeden Grad über 15° C 0,00068 dem spezifischen Gewicht zugezählt wird, bei Messungen unter 15° von diesem abgezogen wird.

Beispiel:

Abgelesenes Gewicht bei 19°	0,9055
Korrektur für das Niveau	0,0010
Korrektur für Temperatur	0,0027
Spez. Gewicht bei 15°	0,9092.

II. Sind nur kleinere Ölmengen für die Untersuchung vorhanden oder liegen dickflüssige Zylinderöle vor, bei denen die Spindel zu langsam einsinken würde, so bedient man sich des Pyknometers. Am praktischsten sind die von Dr. H. Göckel, Berlin N., welche ein Volumen von genau 10 ccm besitzen. Bei der Bestimmung mit diesem Apparat ist jede Umrechnung überflüssig. Es wird das Gewicht des mit Öl gefüllten Pyknometers festgestellt und dann durch 10 dividiert.

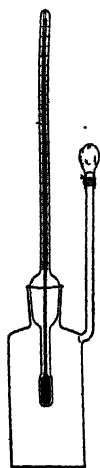



Abb. 6. Pyknometer.

Das Verfahren ist also wie folgt: Man bestimmt zunächst das Leergewicht des Pyknometers, abzüglich der darin vorhandenen Luft (12 mg) und ferner das Gewicht des mit destilliertem Wasser gefüllten Pyknometers, woraus sich das Volumen ergibt (10 ccm). Dann füllt man das Instrument mit dem zu untersuchenden Öl und wägt wieder; der Quotient, nämlich das Ölgewicht dividiert durch das Volumen, ergibt das spezifische Gewicht.

Unter Umständen ist die oben angeführte Korrektur für die Temperatur anzubringen, wenn nämlich bei einer höheren oder niederen Temperatur als 15° gewogen wurde. Durch folgenden Kunstgriff kann man dieses Verfahren noch vereinfachen. Man stellt auf die Gegenseite der Wage ein gleich großes Pyknometer, welches mit Schrotkügelchen derart austariert ist, daß es genau dem Gewicht des bei 15° mit Wasser gefüllten Pyknometers entspricht. Hierdurch wird die Korrektur der Luftverdrängung vermieden. Auf die Wagenseite des mit Öl gefüllten Pyknometers legt man nun soviel Gewichte auf, bis die Wage einspielt. Der Wert der aufgelegten Gewichte von 10 abgezogen und durch 10 dividiert, gibt das gesuchte spezifische Gewicht. Hat man also bis zum Einspielen der Wage

auf die Seite des mit Öl gefüllten Instrumentes noch 0,2853 g aufzulegen, so heißt dies, daß ein Volumen von 10 ccm Öl 10 minus 0,2853 = 9,7147 g wiegt, mithin 1 ccm = 0,97147 g, entsprechend dem gesuchten spezifischen Gewicht.

Beim Einfüllen des Öles in das Pyknometer ist folgendes zu beachten. Im Öl dürfen keine Luftblasen vorhanden sein, beim Einsetzen des Thermometers soll nur am Halse angefaßt werden, um eine Erwärmung des Öls unter allen Umständen zu vermeiden. Das aus der Kapillare austretende Öl wird sorgfältig entfernt und alsdann die Kappe fest aufgesetzt. Nun spritzt man das noch anhaftende Öl vorsichtig mit Benzol oder Äther ab und trocknet schnell mit einem Leinwandlappen.

Stehen nur sehr kleine Mengen Öl zur Verfügung oder handelt es sich um sehr dickflüssige Öle, welche leicht Luftblasen einschließen, so verfährt man folgendermaßen:

Man füllt das Pyknometer etwa zu $^2/_3$ mit Wasser, wägt und gibt sodann das Öl oben drauf, setzt nun das Thermometer ein, wobei darauf zu achten ist, daß kein Wasser in das Steigrohr dringt. Bei sehr zähflüssigen Ölen, speziell solchen, deren Gewicht hoch, nahe an 1,0 ist oder gar über 1,0 ist, gibt man besser zuerst das Öl hinein, wiegt und füllt dann mit Wasser von 15° auf und wiegt nun wieder. Die Berechnung gestaltet sich wie folgt:

Ist G das Gewicht des Öles und s das Gewicht des Inhalts des mit Wasser aufgefüllten Pyknometers, so ist $s - G = W$ das Gewicht resp. das Volumen des Wassers, mithin $10 - W$ das Volumen des Öles. Hieraus ergibt sich die Dichte des Öles $D = \frac{G}{10 - W}$.

Beispiel:

Gewicht des völlig mit Wasser von 15° gefüllten Pyknometers	33,1257
Gewicht des leeren Pyknometers	23,1257
Wasserwert = Volumen	10,00000
Gewicht des zu $^2/_3$ mit Öl gefüllten Pyknometers	26,1768
Gewicht des leeren Pyknometers	23,1257
Gewicht des Öles $G =$	3,0511
Gewicht des mit Öl und Wasser gefüllten Pyknometers	32,6852
Gewicht des leeren Pyknometers	23,1257
$s =$	9,5595
$G =$	— 3,0511
$s - G = W$	6,5084
$10 - W =$	3,4916
$D = \frac{G}{10 - W} = \frac{3,0511}{3,4916} =$	0,8737

Es soll daher über diesen Punkt etwas ausführlicher gehandelt werden. Bezüglich der theoretischen Grundlagen dieses Wertes und der wissenschaftlichen Erörterungen hierüber sei auf den Abschnitt über technische Ölprüfung verwiesen, wo auch über die Beziehungen zwischen Zähflüssigkeit, Schlüpfrigkeit und Schmierergiebigkeit eingehend gesprochen werden soll.

Was die Beziehungen zwischen Konstitution und Zähflüssigkeit anbetrifft, so haben Dunstan und Thole[1] folgende Hypothese aufgestellt. Der wirklich schmierende Anteil der Öle sind die ungesättigten Verbindungen, welche Jod, Brom und Sauerstoff absorbieren und in Schwefelsäure löslich sind. Sie haben ein höheres Verhältnis von Kohlenstoff zu Wasserstoff, als die gesättigten Verbindungen. Ähnlich ist es bei den fetten Ölen. Demgemäß ist ein gewisser Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen bedingend für ein gutes Schmieröl, doch darf die Neigung zu Oxydation und Polymerisation nicht zu groß werden. Je vielkerniger und naphthenreicher diese Verbindungen also sind, um so geringer ist auch die Neigung sich zu verändern. Hiermit steht die Tatsache in Übereinstimmung, daß die naphthenreichen russischen Rohöle die besten Schmieröle liefern. Physikalisch betrachtet sind die Öle wahrscheinlich kolloidale Stoffe oder halten vielmehr gewisse feste Körper in kolloidaler Lösung (Paraffin, Asphalt). Nach dieser Theorie ist es verständlich, weswegen bei zu scharfer Raffination mit Schwefelsäure die Viskosität stark abfällt, da hierbei eben die wesentlichen Schmierbestandteile entfernt werden. Infolgedessen ist die allgemeine Anschauung, daß die Schmierwirkung mit der Viskosität in enger Beziehung steht, nicht absolut von der Hand zu weisen, wenn auch noch andere Einflüsse hierbei eine gewisse Rolle spielen. Es kommen noch die Wirkungen der Benetzbarkeit, des Anhaftvermögens und die Ergiebigkeit für das Gesamturteil über die Schmiereignung und den Schmierwert der Öle hinzu. Von großer Bedeutung für die Wahl ist dann auch der Zweck, zu welchem das Öl gerade gebraucht werden soll. Schwerere Lager verlangen viskosere Öle als leichte Lager und schnellaufende Spindeln. Infolgedessen unterscheidet man auf Grund langer Erfahrungen, welche zumeist in den Lieferungsbedingungen festgelegt sind, unter Berücksichtigung des Druckes, der Geschwindigkeit der gleitenden Flächen sowie der Temperaturen folgende verschiedenen Schmierölsorten:

---

[1]) Dunstan und Thole, Petr. XVI, 1920, S. 786.

I. Spindelöle,
II. leichte Maschinenöle,
III. schwere Maschinenöle,
IV. Zylinderöle.

Es seien nun die im Handel und der Praxis üblichen Methoden und Apparate beschrieben, die zur Bestimmung der Zähflüssigkeit dienen. Man hat in den verschiedenen Staaten verschiedene Apparate, sog. Viskosimeter, eingeführt, welche aber keine absoluten, sondern nur relative Werte liefert.

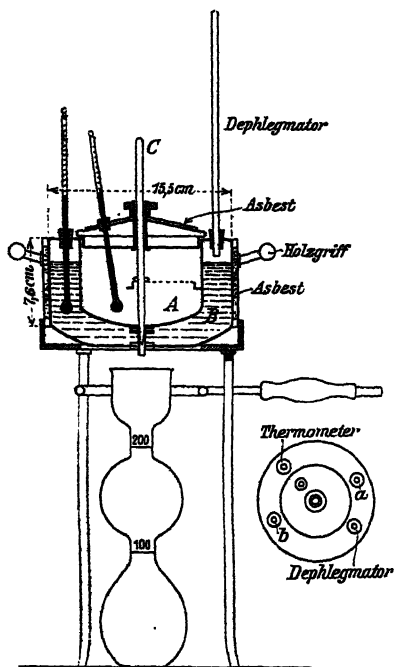



Abb. 7.

In Deutschland ist allgemein das Englersche Viskosimeter in Gebrauch. Unter Englerviskosität versteht man den Quotienten der Ausflußzeiten einer ganz bestimmten Menge Öl und einer gleich großen Menge Wasser von 20°, und zwar läßt man aus einer Kapillare von ganz genau bemessenen Dimensionen ausfließen. Es ist allgemein üblich, die dünnen Spindelöle bei 20° C, die mittleren und schweren Maschinenöle bei 50° C und die sehr zähflüssigen Zylinderöle bei 100° C ausfließen zu lassen. Man spricht daher von Englerviskosität bei 20°, 50° und 100° = E_{20}, E_{50} und E_{100}.

Die Konstruktion des Apparates ergibt sich aus Abb. 7.

Der Apparat ist meist aus Messing gefertigt, wurde aber im Kriege auch aus Eisen gearbeitet. Doch ist zu bedenken, daß durch sauer reagierende Destillate das Metall im Laufe der Zeit angegriffen wird. Infolgedessen wird man die Ausflußkapillare, welche auf keinen Fall irgendwie in ihren Abmessungen verändert werden darf und für deren Sauberkeit und Unversehrtheit man besondere Sorge tragen muß, meist aus Platin fertigen oder wenigstens platinieren. In den Ausführungsformen sind die Apparate sehr verschieden, da im Laufe der

Zeit immer wieder neue Verbesserungen angebracht worden sind, doch ist am Prinzip der Konstruktion wenig geändert worden.

Das Ausflußgefäß *A* dient zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeit und wird beim Versuch soweit gefüllt, daß die an den Seiten angebrachten Markenspitzen gerade bedeckt sind, während das am Boden des Gefäßes befindliche Ausflußröhrchen durch den Holzstab *C* geschlossen ist. Dieser ragt aus der Mitte des Deckels heraus. Das Erwärmungsbad *B* wird mit Wasser gefüllt und durch den verschiebbaren Kranzbrenner auf die gewünschte Temperatur gebracht. Im Heizbad und im Ausflußgefäß befinden sich geeichte Thermometer. Am Verschlußstab steckt ein Drahtstift, welcher in einem unter dem Deckel befindlichen Haken eingreift, so daß beim Ausfließen die Spitze aus dem Öl herausragt. Das ausfließende Öl wird in einem geeichten Kolben aufgefangen, welcher bei 100 und 200 ccm je eine Marke trägt. Für Temperaturen bei 20^0 und 50^0 wird durchweg Wasser als Heizflüssigkeit genommen, bei 100^0 benutzt die Technik meist Öl als Heizflüssigkeit, obwohl nach Holde hierbei Überhitzung der Ausflußkapillare stattfinden soll. Will man auch bei 100^0 mit Wasser als Heizflüssigkeit arbeiten, so muß man sich eines geschlossenen Heizbades bedienen, welches mit einem Dephlegmatorrohr und einem Druckregler versehen ist, um die Druckschwankungen des Barometerstandes auszugleichen. Während des Krieges ist übrigens noch ein verbesserter Viskosimeter von Holde konstruiert worden, worüber genaueres im Holdeschen Buch, sowie in der Zeitschrift Petroleum, Jahrgang XIII, S. 505 nachzulesen ist.

Versuchsausführung: Bei den Versuchen ist in folgender Weise zu verfahren. Das Öl wird in das Gefäß *A* bis zu den Marken eingefüllt, und zwar sollte man prinzipiell alle Öle durch ein feines Sieb von 0,3 mm Maschenweite geben, damit keine feinen mechanischen Verunreinigungen in den Apparat und damit in die Kapillare gelangen, wodurch die Bestimmung natürlich illusorisch wird. Das Heizbad wird etwas über die gewünschte Temperatur erhitzt und, unter öfterem Umrühren durch Drehen des Deckels um den zentralstehenden Holzstab, solange gewartet, bis das zu probende Öl genau die gewünschte Temperatur erreicht hat. Durch Lüften des Deckels überzeugt man sich zuvor, daß die Markierungsspitzen gerade bedeckt sind. Durch die Wärmeausdehnung steigt das Öl nämlich beträchtlich. Ist das Gefäß zu voll, so muß der Überschuß zuvor abgelassen werden. Nun läßt man in das darunter gestellte

Meßgefäß einlaufen und beobachtet an Hand einer Stoppuhr die Zeit, bei der 100 resp. 200 ccm Öl durchgelaufen sind. Die Englergrade berechnen sich dann bei einer Versuchstemperatur von beispielsweise 50° aus dem Quotienten der Durchlaufszeit des Öles und der von 200 ccm Wasser von 20°. Die Durchlaufszeit des Wassers ist der sog. Wasserwert des Apparates; er wechselt für jedes Instrument und wird bei jedem Apparat in einem beigefügten Eichscheine angegeben. Diese Scheine werden ausgestellt von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg, dem Materialprüfungsamt in Berlin-Groß-Lichterfelde und der Badischen Prüfungs- und Versuchsanstalt in Karlsruhe in Baden.

Der Wasserwert darf bei richtig dimensionierten Apparaten zwischen 50,0 und 52,0 Sek. schwanken.

Beispiel: Wasserwert des Apparates 50,5 Sek.
Auslaufzeit des Öles bei 50° = 3 Min. 30 Sek.
Englerviskosität bei $50^0 = \frac{210 \text{ Sek.}}{50,5 \text{ Sek.}} = 4.16$

Zwecks Beurteilung des Verhältnisses der Viskositätszahlen bei 20° C zu 50° und von 50° zu 100° sei hier eine kurze, rein empirische Tabelle für russische und amerikanische Öle eingefügt, die von Schwarz in den Mitteilungen des Materialprüfungsamtes 1909, S. 21 veröffentlicht wurde.

	20°		50°
leichte Maschinenöle	etwa 8	entspricht	etwa 2,5
	„ 15—20	„	„ 3—4,5
schwere Maschinenöle	20—40	„	4—6,5
	40—50	„	6—7,5
	50—60	„	7—9
	50°	„	**100°**
Zylinderöle	25—40	„	3,5—5
	45	„	5,1—5,5 (meist 5,4—5,5)
	50	„	etwa 6

Besondere Bemerkungen: Das Öl muß für die Bestimmung möglichst wasserfrei sein.

Enthalten die Öle größere Mengen von Pechteilen oder Paraffinkristallen, so ändert sich die Viskosität je nach den Bedingungen, unter welchen das Öl sich vorher befunden hat. Man prüft solche Öle zweckmäßig bei Temperaturen, bei denen die suspendierten Anteile geschmolzen sind. Fließt ein Öl sehr langsam, so kann man die Versuche abkürzen, und zwar hat

man alsdann mit folgenden empirisch gefundenen Faktoren zu multiplizieren, um die für 200 ccm gültigen Ausflußzeiten zu finden. Bei einer Ausflußmenge

von 20 ccm mit 11,95,
„ 50 „ „ 5,03,
„ 100 „ „ 2,353.

Diese Werte gelten bei Viskositäten, die größer sind als 5° Engler. Hat man andererseits unzureichende Mengen Öl zur Verfügung, so stehen zwei Wege offen. entweder es werden geringere Ölmengen eingefüllt und dann mit empirischen Faktoren auf 200 ccm umgerechnet, oder man bedient sich des sog. Zehntelgefäßes.

Nach Gans, Offermann und Edeleanu[1]) sind die Umrechnungsfaktoren die folgenden:

Bei Auffüllung von	25	45	45	50	60	120 ccm
und Ausflußmenge von	10	20	25	40	50	100 ccm

ist für die Ausflußzeit von 200 ccm zu multiplizieren mit:

13; 7,25; 5,55; 3,62; 2,79; 1,65.

Bei dem sog. Zehntelgefäß arbeitet man mit 20 ccm Ölausfluß; die Dimensionen eines in das normale Viskosimeter einschraubbaren kleineren Gefäßes sind derart, daß der gefundene Wert nur mit 10 multipliziert zu werden braucht, um direkt den richtigen Wert ohne alle Faktoren zu erhalten. Auf die nähere Beschreibung kann hier nicht näher eingegangen werden, es sei dieserhalb auf das Holdesche Buch S. 30 ff. hingewiesen.

Um für die verschiedenen Wasserwerte und die verschiedenen Temperaturen und Ausflußmengen sich die Rechnungen zu ersparen, hat Ubbelohde „die Tabellen zum Englerschen Viskosimeter" herausgegeben (Verlag Hirzel, Leipzig). Diese sind im Gebrauch insofern recht bequem, als man hier die Werte für 50, 100 und 200 ccm Ausflußmenge direkt nebeneinander stehen hat. Ebenso enthalten sie die Zahlen für die Wasserwerte von 50 bis 52 Sek. von 0,5 zu 0,5 Sek.; ferner die Zähigkeitsfaktoren Z, aus denen die spezifische und die absolute Zähigkeiten errechnet werden können. In neuerer Zeit hat Scheel[2]) Tabellen errechnet. Sie sind für den Holdeschen Zähigkeitsmesser bestimmt. Die nach den angeführten Formeln

[1]) Gans, Offermann u. Edeleanu, Chem. Umsch. 1899, **6**, S. 221.
[2]) Scheel, Petr. 1918, **13**, S. 705.

berechneten Zahlenwerte erlauben, aus den beobachteten Ausflußzeiten verschiedener Flüssigkeitsmengen unmittelbar den Englergrad und ihre Zahlenwerte der mit 100 multiplizierten absoluten Zähigkeit gleich der spezifischen auf Wasser von 20,2° C bezogenen Zähigkeit zu entnehmen (vgl. hierüber S. 87).

Während in Deutschland durchgängig mit dem Englerschen Viskosimeter gearbeitet wird, ist in England das Redwoodsche, in Amerika das Saybolt-Viskosimeter allgemein in Gebrauch. Letzteres ist im Jahre 1919 als Standardinstrument für Amerika eingeführt worden. Da nun der Import von Öl sich nach Deutschland von Amerika direkt oder über England vollzieht, wird man immerhin in die Lage kommen, auch nach diesen Methoden arbeiten zu müssen oder doch auf Grund dieser Zahlen Öle zu beurteilen. Im Prinzip sind beide Apparate dem Englerschen sehr ähnlich. Beim Redwoodapparat wird ein zylindrisches Gefäß bis zur Marke mit Öl gefüllt, das Öl auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und aus der am Boden befindlichen Kapillare, die hier aus Achat besteht, in einen Kolben, der 50 ccm faßt, einlaufen gelassen. Die Zeit in Sekunden wird notiert und gibt direkt die Redwoodzahl.

Beim Sayboltschen Viskosimeter sind die Ausmaße des eigentlichen Gefäßes wesentlich andere; der Verschluß geschieht durch einen Stopfen am Boden des Gefäßes. Die Füllung wird dadurch gleichmäßig erzielt, daß eine Überlaufrinne am oberen Rande angebracht ist. Man beobachtet die Ausflußzeit von 60 ccm (Redwood 50 ccm). Bis vorm Kriege waren die einzelnen Apparate nicht so genau gearbeitet, daß man mit verschiedenen Apparaten gut übereinstimmende Zahlen erzielte; jetzt sollen die Apparate besser gefertigt sein. Die Sayboltviskositäten werden meist bestimmt: für Spindelöle bei 100° F (37,8° C), für Maschinenöle bei 130° F (54,4° C) und für Zylinderöle bei 210° F (98,9° C).

Schwierig und umständlich ist die Umrechnung von Viskositäten Engler in Redwood und Saybolt. Die Faktoren, die hierfür errechnet, sind durchweg wenig genau und weisen große Unstimmigkeiten auf. Ich lasse daher hier eine aus der Praxis gewonnene Tabelle folgen, bei der die einzelnen Werte nebeneinander gestellt sind. Erschwert wird eine Umrechnung vor allem dadurch, daß die englisch sprechenden Länder nach Graden Fahrenheit rechnen[1].

---

[1]) Die Tabelle dient zur Orientierung der Zähflüssigkeiten von Ölen, gemessen in den verschiedenen Apparaten bei den in der Praxis üblichen Temperaturen.

Vergleichende Viskositäten (annähernde Werte) von

Engler Temperatur			Saybolt Temperatur			Redwood Temperatur		
20° C	50° C	100° C	70° F (21,1° C)	100° F (37,8° C)	212° F (100° C)	40° F (4,5° C)	140° F (60° C)	212° F (100° C)
2,3	1,4			50		77		
2,8	1,5			60				
3,7	1,7			64				
5,2	1,9			70				
5,5				95				
6,4	2,1			100—105		190	50	
8,6	2,4		150					
11,5	2,7		173	150				
13,2	2,8			162		357	63	
12,7	3,2		220	190		414	72	
15,0	3,3			200—210				
15,5	3,5		240	210		500	77	
16,8	3,8			230		556	85	
24,0	4,5			300		683	101	
25,2	4,7			320				
25,6	4,9			330		688		
	5,0			384	46	1040	104	
	5,7			368—375				
53,0	6,5			490—500	48	1470	127	
	6,8			520			140	
	8,8				52			
	8,9			706	66			
	11,7			942	89			
	15,0	2,04		1220	98		280	127
		3,80			150			148
		3,9—4,3			165			
		5,5			200			
		6,0			370			

Ein noch ungelöstes Problem ist die Errechnung der Viskosität einer Mischung, wenn die Viskositäten der einzelnen Komponenten bekannt sind. Die Zähigkeit ist nämlich keine additive Größe und läßt sich daher nicht nach der Mischungsregel errechnen. Man findet vielmehr stets Werte, die niedriger sind, also das dünnere Öl macht seinen Einfluß stärker geltend. Obwohl es nicht an Versuchen gefehlt hat, Formeln aufzustellen, nach der man aus zwei Ölen von bekannter Viskosität die Viskosität einer Ölmischung bestimmen könnte, so ist es bisher noch nicht gelungen, hierfür eine wirklich brauchbare Formulierung zu finden[1]). Die jüngsten Versuche in dieser Richtung

[1]) Einar Molin, Chem. Ztg. 1914, S. 857 bis 859; Schulz, U. 1909, S. 297.

sind von H. Schwedhelm[1]). und von E. Oelschläger[2]) gemacht worden. Schwedhelm führt eine Mischungskonstante d ein, welche für jede Ölprovenienz zunächst errechnet werden muß. Oelschläger dagegen stellt eine ganz allgemeine Formel auf, und zwar ist, wenn E_1 und E_2 die Englerviskositäten der einzelnen Komponenten sind, und n_1 und n_2 ihre Mengen, die Zähigkeit des Gemisches

$$E_{12} = \frac{n_1 E_1 + k n_2 + E_2}{n_1 + k n_2},$$

hierbei ist $k = \sqrt{E_1 E_2}$. Inwieweit diese Formel ihre empirisch gefundene Gültigkeit behält auch bei Mischungen sehr dicker mit sehr dünnen Ölen verschiedener Herkunft, sei dahingestellt.

Sehr groß ist die Zahl der sonst noch auf ähnlichen sowie auf anderen Prinzipien konstruierten Apparate zur Feststellung der Zähigkeit hochviskoser Flüssigkeiten. In der Praxis hat vorläufig noch keiner Eingang gefunden. Erwähnt sei der Fallapparat von Fischer[3]) sowie von Gibson, Jacobs und Sheppard[4]), welche speziell für hochviskose Öle geeignet sein sollen und aus der Fallzeit einer Kugel die Zähigkeit ermitteln, ferner existiert ein Apparat von Mac Michael[5]) bei dem die Zähigkeit durch die Torsionskraft festgestellt wird.

Wie schon bemerkt wurde, geben alle angeführten gebräuchlichen Apparate keine wissenschaftlich physikalisch genau definierten Werte, vielmehr nur Relativwerte, da sie ja nur die Durchlaufszeiten einer gewissen Ölmenge mit einer ebenso großen oder doch vergleichbaren Wassermenge aus einer kleinen Öffnung, nicht einer wirklichen Kapillare, bestimmen. Es muß nun noch kurz darauf eingegangen werden, inwiefern beispielsweise Englerviskosität mit der absoluten, also der physikalisch genau definierten inneren Reibung im Zusammenhang steht.

Die absolute Zähigkeit ist die Kraft, ausgedrückt in absolutem Maß (cm·g·sek.), welche nötig ist, eine Flüssigkeitsschicht von 1 qcm Oberfläche über eine gleichgroße 1 cm von ihr entfernte hinwegzubewegen mit der Geschwindigkeit 1 cm/sek. Die Bestimmung dieses Wertes geschieht durch Durchfließenlassen durch eine wirkliche Kapillare oder nach der Fallmethode, indem man die Fallzeit einer Kugel durch eine gewisse Flüssig-

---

[1]) H. Schwedhelm, Chem. Ztg. 1920, S. 638 und 1921, S, 41f.
[2]) E. Oelschläger, Zeitschr. V. d. Ing. 1918, S. 422.
[3]) Fischer, Chem. Ztg. 1920, S. 623.
[4]) Gibson, Jacobs und Sheppard, C. 1918, S. 4084.
[5]) Mac Michael, C. 1920, S. 213.

keitshöhe beobachtet. Auf die Einzelheiten dieser Methoden kann hier nicht eingegangen werden.

Die absolute Zähigkeit ist von der Temperatur abhängig, und zwar fällt sie mit steigender Temperatur stark ab. Trägt man die Zähigkeitswerte in ein Koordinatensystem ein, in dem die Temperaturen als Abszissen, die Zähigkeiten als Ordinaten stehen, so erhält man eine hyperbolisch erscheinende Kurve. Nach H. Schwedhelm[1]) liegt eine Exponentialkurve vor. Die Abhängigkeit der Zähigkeiten für verschiedene Temperaturen läßt sich in einer Exponentialgleichung darstellen.

Aus den Abb. 8 und 9 (S. 88 und 89) ersieht man, wie mit der Temperatur bei den verschiedenen Ölen der Abfall der Kurven differiert. Während bei den fetten Ölen die Kurve relativ flach verläuft, ist sie bei den Mineralölen wesentlich steiler, und besonders stark ist der Abfall bei den Teerfettölen.

In vielen Fällen wird nun mit der spezifischen Zähigkeit (η) bezogen auf Wasser gleich 1 bei 0^0 C gerechnet, besonders Ubbelohde[2]) hat seine Untersuchungen auf diesen Wert aufgebaut. Da nun aber in der Praxis speziell bei Errechnung von Englerzahlen mit Wasser von 20^0 C verglichen werden muß, so erscheint es auch zweckmäßig, die spezifische Zähigkeit verglichen mit Wasser von 20^0 C gleich 1 zu setzen. Dies hat auch noch den Vorteil, daß die absolute Zähigkeit von Wasser bei 20^0 C $=$ 0,01004 beträgt, so daß mit einer gewissen Annäherung die absoluten Zähigkeiten nur mit 100 multipliziert zu werden brauchen, um die spezifische Zähigkeit zu erhalten. Der genaue Wert gälte für Wasser von $20{,}2^0$ C. Beispielsweise ist für Rüböl die absolute Zähigkeit bei 20^0 C $= 0{,}928$, so ist ihre spezifische Zähigkeit $(\eta) = 92{,}8$ bezogen auf Wasser von $20{,}2^0$ C als Einheit

Ubbelohde[3]) hat nun eine empirische Formel zur Umrechnung der Englergrade in spezifische Zähigkeiten (Wasser von 0^0 C $=$ 1) errechnet. Die Formel lautet:

$$(\eta) = \left(4{,}072\,E - \frac{3{,}513}{E}\right) s.$$

s gleich dem spez. Gewicht des Öles, da s aber nur geringen Einfluß hat, kann es meist unberücksichtigt bleiben.

Oelschläger hat nun festgestellt, daß, wenn man (η) für verschiedene Temperaturen aus dieser Gleichung errechnet und

---

[1]) H. Schwedhelm, Chem. Ztg. 1921, S. 41.

[2]) Ubbelohde, Petr. 7, S. 773, 882, 938.

[3]) Ubbelohde, Chem. Ztg. 1907, S. 38.

die Logarithmen der Werte über den Logarithmen der Temperaturen aufträgt, man eine Gerade erhält, welche in allen Fällen durch den Schnittpunkt von $t = 185^0$ C und $(\eta) = 1$ geht. Kennt man also die spezifische Zähigkeit bei einer beliebigen Temperatur, so trägt man den Logarithmus auf und

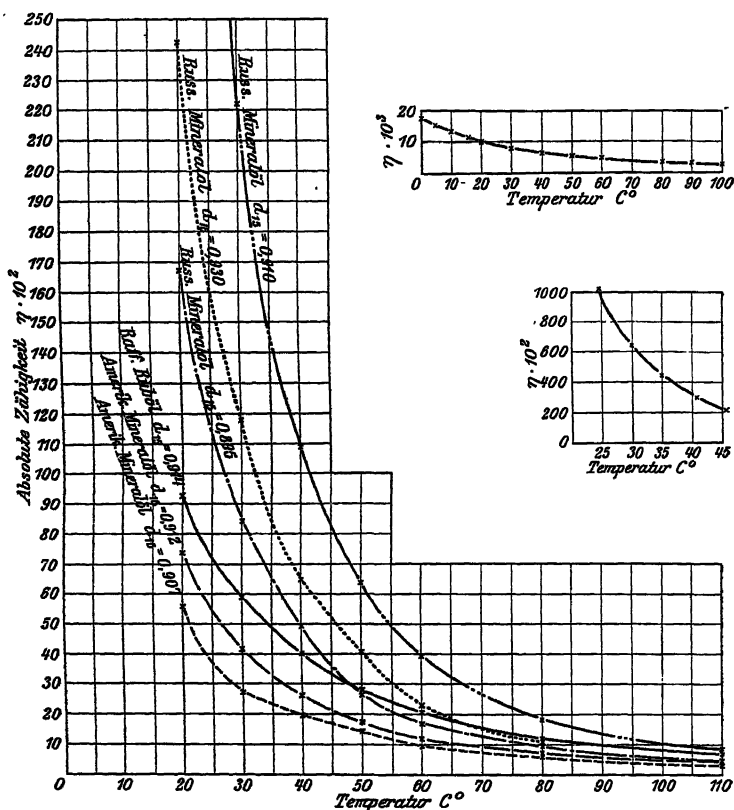



Abb. 8. Zähigkeitskurven in Abhängigkeit von der Temperatur.

verbindet den so ermittelten Punkt mit obigem Schnittpunkt und kann nun an dieser Geraden die Zähigkeit für jede beliebige andere Temperatur ablesen, um rückwärts auf Englerviskosität umzurechnen.

An Hand der oben von **Schwedhelm** erwähnten Formel kommt man zu ganz ähnlichen Ergebnissen.

v. Dallwitz-Wegner[1]) hat darauf hingewiesen, daß über die Zähigkeitsverhältnisse der Öle bei Temperaturen um 100° und darüber noch sehr wenig Klarheit besteht. Dies hängt aber damit zusammen, daß eben die Zähigkeiten durchweg mit dem Englerapparat bestimmt werden, und daß die Konstruktion dieses und aller ähnlichen Instrumente es bedingt, daß die Bestimmungen bei hohen Temperaturen außerordentlich un-

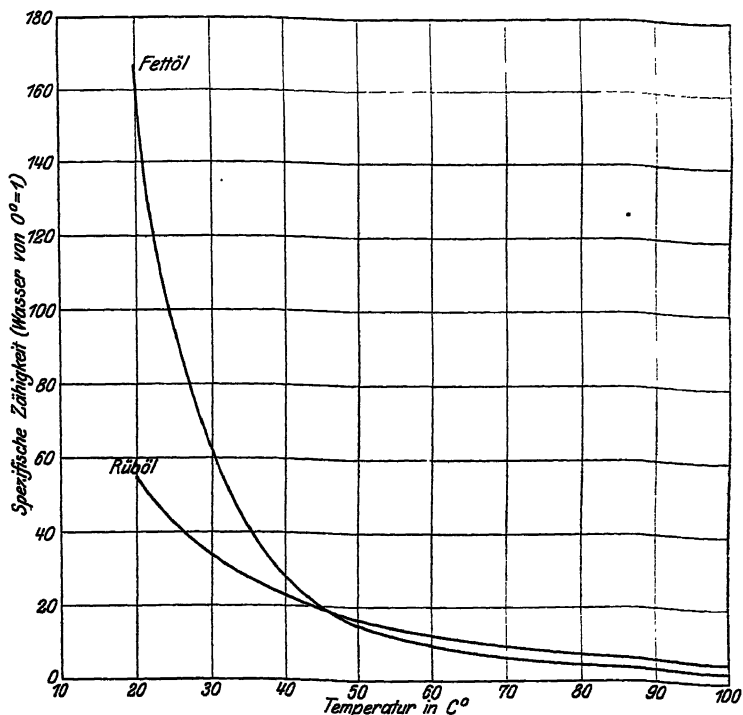



Abb. 9. Vergleich der Zähigkeitskurven von Rüböl und Fettöl.

sicher und ungenau werden. Es handelt sich nämlich bei den hier üblichen Dimensionen nicht mehr um den Durchlauf durch eine Kapillare, sondern um den Fall einer Flüssigkeit durch ein Rohr; außerdem sind die gemessenen Zeiten so klein, daß die Ungenauigkeiten der Messung kein einwandfreies Resultat

---

[1]) v. Dallwitz-Wegner, Neue Wege zur Schmierölprüfung. Verl. R. Oldenbourg, München.

mehr zulassen. Wo also Englerviskositäten nahezu übereinstimmen, können absolute Zähigkeiten in den weitesten Grenzen differieren.

Obwohl der wissenschaftlich genaue Wert der absoluten $[\eta]$ resp. der spezifischen Zähigkeit (η) vernünftigere und besser vergleichbare Werte, und speziell im Bereich der höheren Temperaturen, ein klareres Bild als die Englerviskositäten, die in diesem Bereich praktisch ja schwer festzustellen sind, gibt, so dürfte sich vorläufig in der Technik der Einführung dieser Zahlengrößen einiger Widerstand entgegensetzen, zumal es bislang noch nicht gelungen ist, einen geeigneten und bequemen Apparat zu konstruieren, die Zähigkeit direkt festzustellen.

3. Der **Stockpunkt** und der **Kältepunkt** der Mineralöle. Da die Mineralöle Gemische der verschiedensten Individuen sind, so zeigen sie keinen scharfen Erstarrungspunkt. Sie werden vielmehr beim langsamen Abkühlen ganz allmählich immer zähflüssiger, um endlich nicht mehr zu fließen oder, wie man auch sagt, „sie stocken". Der Stockpunkt der Mineralöle ist hauptsächlich durch ihren Paraffingehalt bedingt. Hinzu tritt natürlich der Einfluß der Zähigkeit. Daß viskosere Öle leichter zum Stocken neigen als dünnflüssigere Öle, ist verständlich. Durch die Raffination werden paraffinhaltige Öle bezüglich ihres Stockpunktes weniger beeinflußt, wohingegen diese Wirkung bei asphaltösen Ölen stärker in die Erscheinung tritt. Es werden ja bekanntlich die Asphaltogene, welche besonders viskos sind, aus dem Öl entfernt, die Paraffine jedoch bleiben unangegriffen.

Die Öle müssen vor der Prüfung von Wasser völlig befreit sein und sollten zuvor auf 50^0 erwärmt werden, und nachher durch Abkühlen eine halbe Stunde auf 20^0 gebracht werden, um so gleichartige Untersuchungsbedingungen für die Öle zu schaffen. Für die Prüfung des Stockpunktes hat man ganz bestimmte Vorschriften herausgegeben, sowohl bezüglich Größe der Gefäße, als auch der Dauer des Abkühlens, da das Ergebnis von den Dimensionen sowie von der Zeit stark beeinflußt ist. Zur Aufnahme des Öles dienen meist Reagenzgläser von 15 mm Weite. Sie werden, 3 cm hoch mit dem Öl gefüllt, mit einem Thermometer versehen und eine Stunde lang in einer Kältemischung belassen. Zur Innehaltung bestimmter niedriger Temperaturen dienen Salzlösungen bestimmter Konzentration, welche konstante Temperaturen zeigen, solange feste und flüssige Phasen nebeneinander bestehen.

Man erhält Temperaturen von	beim Erstarren von Salzgemischen folgender Zusammensetzung:
0°	100 Teile Wasser und Eis,
—3°	„ „ + 13 Kalisalpeter,
—5°	„ „ + 13 „ + 3,3 Kochsalz,
—10°	„ „ + 22,5 Chlorkalium,
—15°	„ „ + 25 Ammoniumchlorid.

Tiefere Temperaturen (— 20°) erzielt man durch Mischung von 2 Teilen Viehsalz und 1 Teil Eis, darunter durch Eintragen von fester Kohlensäure in Alkohol. — Für den Versuch stellt man eine Reihe von Reagenzgläsern der vorgeschriebenen Dimensionen mit Öl versehen in die verschiedenen Kältemischungen und beläßt darin eine Stunde ohne zu bewegen. Beim Herausnehmen beobachtet man durch Neigen des Glases, ob das Öl fest, dicksalbig, dünnsalbig geworden oder gar flüssig geblieben ist.

Auf die für Eisenbahnöle verlangte Prüfung im U-Rohre soll hier in den Einzelheiten nicht eingegangen werden. Es wird hierbei in einem U-förmig gebogenen, 6 mm weiten Rohr die Steighöhe des Öles unter bestimmtem Druck nach 1stündiger Einwirkung einer niedrigen Temperatur festgestellt.

4. Anschließend hieran mag gleich über den **Schmelzpunkt, Erstarrungspunkt** und **Tropfpunkt** der mit dem Mineralöl nahe verwandten Produkte, wie Paraffin, Zeresin, Vaseline, und der konsistenten Fette gesprochen werden. Da alle diese Körper ebenfalls Gemische sind, so geben auch sie keinen scharfen Schmelzpunkt. Es tritt vielmehr zunächst ein Erweichen ein, dann werden sie durchscheinend und endlich entsteht eine klare Schmelze. Man beobachtet daher, wenn man die Substanz im Kapillarröhrchen schmilzt, nur Erweichungspunkt und nachher den Punkt der klaren Schmelze. Geeigneter und charakteristischer ist daher der Erstarrungspunkt. Unter Erstarrungspunkt versteht man die Temperatur, bei welcher diese infolge der frei werdenden labilen Schmelzwärme der erstarrenden Masse längere Zeit konstant bleibt.

Verfahren nach Shukoff (s. Abb. 10). 30 bis 40 g der zu prüfenden Masse werden im Gefäß *a* geschmolzen. Sobald die Temperatur der zu prüfenden Masse auf etwa 5° oberhalb des Erstarrungspunktes gesunken ist, wird der Apparat stark und regelmäßig geschüttelt, bis der Inhalt deutlich trübe und undurchsichtig geworden ist. Dann wird ohne zu schütteln nach jeder halben Minute beobachtet, bei welchem Punkt das Thermometer stehen bleibt oder bis zu welchem höchsten Punkt

es nach dem Stehenbleiben ansteigt. Diese Temperatur ist der Erstarrungspunkt.

Bei Bestimmung des Titertestes von tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten scheidet man deren Fettsäuren ab und verfährt sonst ganz wie oben, beachtet aber, daß die Masse während des Erstarrens dauernd in Bewegung erhalten bleibt, wohingegen ja Paraffin usw. nur bis zur beginnenden Erstarrung bewegt, dann aber ruhig stehengelassen wird.

Abb. 10. Titertest nach Shukoff.

Abb. 11. Tropfpunkt nach Ubbelohde.

Den Tropfpunkt stellt man bei solchen Produkten fest, welche sich beim Schmelzen entmischen, wie die konsistenten Fette, auch bei Pechen, bei denen man infolge ihrer dunklen Farbe das Schmelzen und Durchsichtigwerden nicht beobachten kann. Auch bei Vaseline und vaselineähnlichen Produkten bestimmt man meist den Tropfpunkt. Der Tropfpunkt nach Ubbelohde ist eine konventionell festgelegte Methode, und zwar versteht man darunter die Temperatur, bei welcher die Substanz, die auf ganz bestimmte Weise auf der Quecksilberkugel eines Thermometers lagert, durch ihr Eigengewicht abfließt. Nach der Anordnung von Ubbelohde, die allgemein üblich ist, verfährt man wie folgt (Abb. 11):

Der Apparat besteht aus dem mit der zylindrischen Metallhülse *b* fest verbundenen Einschlußthermometer *a* und der Glashülse *c*. Die Hülse *b* besitzt bei *c* eine kleine Öffnung, sie trägt im unteren federnden Teil die 10 mm lange, an der unteren Öffnung 3 mm weite Glashülse.

Gefäß *e* wird mit der zu prüfenden Masse durch Hineindrücken oder Hineinstechen unter Vermeiden des Einschlusses von Luftblasen gefüllt, die überschüssige Masse wird oben glatt abgestrichen, der Apparat parallel seiner Achse eingeführt und auch an der unteren Seite von jedem Substanzüberschuß befreit. Feste Massen (Paraffin, Zeresin, Peche usw.), welche beim Einstecken des Apparates leicht Zerbrechen veranlassen

könnten, werden geschmolzen, in das mit der kleinen Öffnung auf eine Glasplatte gestellte Gefäß gegossen und noch ehe sie völlig erstarrt sind, wird von oben her das Thermometer aufgesetzt. Die Glashülse *e* muß so tief in die Metallhülse hineingreifen, wie es die drei Sperrstäbchen *d* gestatten. Der Apparat wird dann in einem etwa 4 cm weiten Reagenzrohr durch Kork befestigt und durch ein Wasserbad (Becherglas von 3 l Inhalt auf Asbestdrahtnetz) so erhitzt, daß der Wärmeanstieg 1° in 1 Minute beträgt. Für hochschmelzende Substanzen nimmt man ein mit Paraffinöl gefülltes Bad. Diejenige Temperatur, bei welcher sich eine deutliche Wölbung am Ende der Hülse zu bilden beginnt, ist der Fließbeginn, auch Fließpunkt genannt, diejenige, bei welcher der erste Tropfen abfällt, der Tropfpunkt.

5. Flammpunkt. Von großer Bedeutung für die Charakterisierung der Mineralschmieröle ist der Flammpunkt. Er gibt einen Hinweis, welcher Destillationsfraktion das Öl entstammt, und somit auch, ob wir es mit einem einheitlichen Öl zu tun haben oder ob etwa eine Mischung eines viskosen Rückstandes mit einem dünnen Spindelöl vorliegt. Es ist nämlich aus der Genesis des Öles leicht ersichtlich, daß ein einheitliches Öl von bestimmter Zähflüssigkeit auch einen bestimmten hohen Flammpunkt besitzen muß. Der Flammpunkt besagt ja nichts anderes als die Temperatur, bei welcher eine genügende Menge Gase dem Öl entweichen, um zur Entflammung zu führen. Bei um so höherer Temperatur also die Fraktion abgetrieben wurde, welche geprüft wird, um so höher wird auch der Flammpunkt liegen. Zugleich gibt dieser Wert auch an, ob die Destillation sorgfältig und richtig geführt wurde. Bei unsachgemäßer Arbeit, speziell wenn Überhitzungen stattgefunden haben, tritt eine Zersetzung der Kohlenwasserstoffe auf, die hochmolekularen, schmierfähigen Anteile zerfallen in niedrigmolekulare, weniger schmierfähige und leichter entflammbare Bestandteile. Diese Tatsache gibt sich dann durch einen relativ niedrigen Flammpunkt zu erkennen; somit ergibt sich die Bedeutung des Flammpunktes für die Beurteilung eines Öles ohne weiteres. Daneben sei darauf hingewiesen, daß ein niedriger Flammpunkt insofern eine Gefahr für die Maschine bedeutet, als ein solches Öl bei Überhitzungen leicht zu Entflammungen und Entzündungen führen kann. Aus diesem Grunde werden von den Verbrauchern stets Öle mit möglichst hohem Flammpunkt gefordert, besonders bei Zylinderölen wird auf hohe Entflammung großer Wert gelegt. Dieser allgemeinen Anschauung steht die von Hilliger

entgegen[1]. Er behauptet, daß der Flammpunkt von ganz untergeordneter Bedeutung sei, da die Temperatur im Zylinder stets niedriger sei als der Flammpunkt des verwandten Zylinderöles. Diese Behauptung dürfte aber insofern nicht zutreffen, als bei überhitztem Dampf die Temperatur an 300⁰ herankommt, und zweitens ist einzuwenden, daß der Flammpunkt insofern seine Bedeutung für die Bewertung des Öles nicht verliert, als er eben in Verbindung mit der Viskosität eine Beurteilung der Fraktionsstufe, welcher das Öl entstammt, erlaubt. Endlich gibt dieser Wert einen Anhalt für die Verdampfbarkeit des Öles. Diese soll möglichst gering sein, denn eine hohe Verdampfbarkeit bedeutet eine Verminderung des Schmierungsmittels, Mateiialverlust und Unwirtschaftlichkeit.

Abb. 12. Flammpunktsprüfer nach Pensky-Martens.

Zur Prüfung des Öles muß dieses möglichst wasserfrei sein. Schon geringe Spuren Wasser machen die Bestimmung des Flammpunktes ungenau, da die Wasserdämpfe die Zündflamme auslöschen und bei höherem Gehalt das Öl leicht über den Tiegelrand steigt. Die Bestimmung geschieht nach zwei Methoden:

1. im geschlossenen Tiegel nach Pensky-Martens (Abb. 12),

2. im offenen Tiegel im Apparat von Marcusson (Abb. 13).

[1]) Hilliger, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1918, S. 173.

Der Pensky-Apparat besteht aus einem Gefäß *E*, welches bis zur Marke *M* mit Öl gefüllt wird. Dieser Tiegel hängt in einem Mantelgefäß *H*, welches wiederum von einem Metallmantel *L* umgeben ist, wodurch eine wärmeisolierende Luftschicht gebildet wird. Der Tiegel wird durch einen Dreibrenner von unten her erhitzt. Zum Schutze des Bodens ist ein Drahtnetz dazwischen geschaltet. Der Tiegel ist durch einen Deckel hermetisch verschlossen. Durch die Mitte dieses Deckels führt ein Rührer, ferner kann durch eine Tülle das geeichte Thermometer eingeführt werden. Es ist sodann ein Mechanismus auf dem Deckel angebracht, welcher es gestattet, zwei Schieber zu öffnen und gleichzeitig eine kleine Zündflamme auf die Oberfläche des Öles zu senken. Durch diese Art der Anordnung gelingt es, bei ein und demselben Öl gut übereinstimmende Flammpunktswerte festzustellen, weil die Dampfansammlung unter der Deckeloberfläche in keiner Weise gestört wird. Beim Arbeiten verfährt man in der Weise, daß man von etwa 100° an den Rührer ständig in Bewegung hält. Man setzt nun von 2 zu 2° den Mechanismus in Bewegung und beobachtet, ob sich an der Oberfläche des Öles ein bläuliches Aufflammen zeigt.

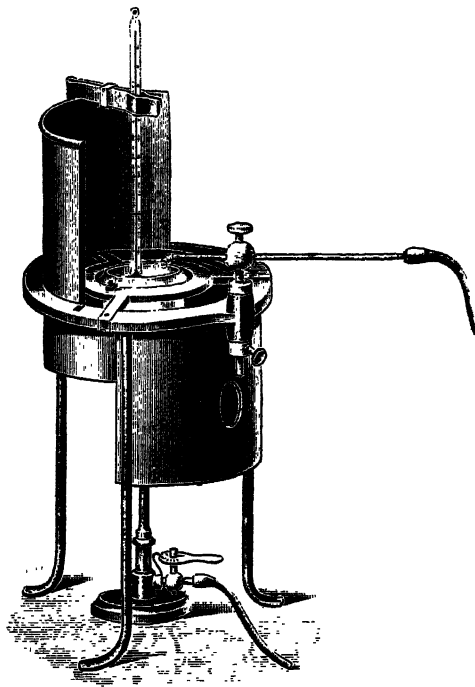



Abb. 13. Flammpunktsprüfer nach Marcusson.

Sofern die Zündflamme *Z* erlischt, kann sie an der Sicherheitsflamme *S* sich leicht wieder entzünden. Der Temperaturanstieg des Öles soll so geregelt werden, daß das Thermometer etwa 2 bis 5° pro Minute steigt. Bei wiederholten Versuchen soll der Flammpunkt innerhalb 3° liegen.

Im geschlossenen Apparat von Pensky-Martens können schon sehr geringe Beimengungen niedrigsiedender Anteile nachgewiesen werden, da sich ja die Dämpfe unter der Oberfläche des Deckels ansammeln, welche im offenen Tiegel durch die Luftströmungen weggeführt werden würden. Infolgedessen findet man im Pensky-Apparat stets niedrigere Flammpunkte als im Marcusson-Apparat. Bei Ölmischungen ergibt sich der Flammpunkt nicht aus der Mischungsregel, vielmehr macht sich der Flammpunkt des niedriger siedenden Anteils schon sehr zeitig bemerkbar.

Flammpunkt im offenen Tiegel nach Marcusson. Die Konstruktion des Apparates ist aus Abb. 13 (Seite 95) ersichtlich. Das Öl wird in einen Tiegel gefüllt, welcher 4 cm hoch ist und einen Durchmesser von 4 cm besitzt. Er hat im Innern zwei Strichmarken, welche 10 bzw. 15 mm vom oberen Rande entfernt liegen. Bei hochflammenden Ölen (über 200°) füllt man nur bis zur unteren Marke, da durch die Wärmeausdehnung das Öl sonst über den Rand hinauskriechen und die Zündflamme der Öloberfläche zu nahe kommen würde. Beim Prüfen des Öles ist zu beachten, daß der Tiegel mit seinem Randwulst ganz auf dem Eisenring aufliegt. Beim Prüfen führt man die etwa erbsengroße Zündflamme horizontal über den Tiegelrand hinweg und beobachtet, bei welcher Temperatur die Entflammung auftritt. Die Temperatur ist so zu regeln, daß das Thermometer etwa 4 bis 5° in der Minute steigt. Auf den Unterschied zwischen Flammpunkt im offenen Tiegel (fp. o. T.) und Flammpunkt im Pensky-Martens (fp. P.M.) wurde schon hingewiesen. Infolge der Luftströmungen werden bei Prüfung im offenen Tiegel gewisse leicht entflammbare Anteile fortgeführt, und sind von diesen nur sehr geringe Mengen im Öle zugegen gewesen, so führen sie auch nicht zur Entflammung.

Brennpunkt. Unter Brennpunkt (Bp.) versteht man die Temperatur, bei der die Oberfläche des Öles bei Annäherung der Flamme dauernd weiterbrennt. Zur Ermittlung dieses Punktes erhitzt man das Öl über seinen Flammpunkt und führt die Zündflamme 1 bis 2 Sekunden lang über die Oberfläche des Öles hinweg. Die Flamme soll die Oberfläche nicht berühren, da sonst örtliche Überhitzungen eintreten. Der Brennpunkt liegt durchschnittlich bei Prüfung im offenen Tiegel 20 bis 60° höher als der Flammpunkt.

6. Im engen Zusammenhang mit den zuvor erörterten Werten steht die **Verdampfbarkeit.** Es scheint selbstverständ-

lich, daß niedrigflammende Öle auch eine große Verdampfbarkeit zeigen, indessen können, wie schon erwähnt, sehr geringe Beimengungen von niedrigsiedenden Substanzen den Flammpunkt beeinflussen, ohne für die Verdampfung von Bedeutung zu sein. Aus diesem Grunde wurde von einigen Fachleuten der Brennpunkt zur Beurteilung herangezogen. Um aber für Öle, die lange Zeit hohen Temperaturen ausgesetzt sind, ein genaues Maß für die Verdampfbarkeit zu gewinnen, wird in einem eigens hierfür konstruierten Apparat das zu untersuchende Öl eine gewisse Zeit auf eine bestimmte Temperatur erhitzt und die prozentuale Gewichtsabnahme durch Wägung bestimmt. Diese Probe wird meist nur bei Zylinderölen, Heißdampfzylinderölen, Dampfturbinenölen und Transformatorenölen vorgenommen. Über die Höhe der Erhitzung und die Dauer des Versuches sind keine endgültigen Bedingungen festgelegt. Der Verlust bei einem Zylinderöl vom fp. 250 bis 300° bei 2 stündigem Erhitzen auf 200° betrug 0,03 bis 0,10%; nach 2 stündigem Erhitzen auf 300° 0,2 bis 1,2%, zuweilen 2,3%. Eingehende Untersuchungen über Verdampfbarkeiten hat Schreiber[1]) angestellt.

Optische und kalorische Prüfungen kommen für Mineralschmieröle in der Praxis kaum in Frage und können daher hier übergangen werden.

c) Chemische Prüfungen der Mineralöle.

Während durch die physikalischen Prüfungsmethoden in der Hauptsache die Eigenart der Öle sowie ihre Geeignetheit im mechanisch-dynamischen Sinne bezeichnet werden, geben die chemischen Prüfungen der Mineralöle an, inwiefern das Material rein, d. h. unvermischt und genügend raffiniert ist, und vor allen Dingen, ob es auch in unverfälschtem Zustande vorliegt.

Wie bereits im Eingangskapitel dargelegt, unterscheidet man zwischen Destillaten und Raffinaten, und ihre chemische Differenzierung ist in ihrem verschiedenen Gehalt an sauren sowie harzartigen und asphaltösen Bestandteilen zu suchen. Infolgedessen wird sich der größte Teil der chemischen Prüfungen beschränken auf die Feststellung des Gehaltes an Säuren und harzartigen Substanzen. Bei den Raffinaten tritt noch die Untersuchung auf genügende Reinheit, nämlich auf über-

[1]) Schreiber, Zeitschr. f. angew. Chem. 1910, S. 99.

schüssiges Alkali und auf Salze, die aus der Raffination zurückgeblieben sind, hinzu.

1. Säuregehalt der Öle. Der Gehalt an freien Säuren schwankt nicht unbeträchtlich. Bei dunklen Ölen, also Destillaten, darf man mit einem Gehalt von 2 %, berechnet als Ölsäure, unter gewissen Umständen auch bis 3,5 % rechnen, viel geringer ist der zulässige Gehalt bei Raffinaten, welcher 0,2 % berechnet als Ölsäure, nicht übersteigen soll. Bei einem Betrag von 0,07 % spricht man von praktisch säurefreien Ölen. Der Säuregehalt kann bedingt werden 1. durch noch darin vorhandene Mineralsäure, welche aus der Raffination der Öle herrührt; 2. von den im Öl vorhandenen freien organischen Säuren — dies sind Naphthenkarbonsäuren und Naphthensulfosäuren — 3. von freien Fettsäuren, welche aus den als Glyzerid zugesetzten fetten Ölen stammen.

Qualitativ erfolgt die Prüfung auf folgende Weise:

100 ccm Öl werden im Scheidetrichter mit der gleichen oder der doppelten Menge heißen Wassers ausgeschüttelt und nach dem Absitzen das Wasser durch ein Faltenfilter filtriert und im Filtrat mit Methylorange auf Säure geprüft. Ist Mineralsäure zugegen, so tritt Rotfärbung ein. Dieses Verfahren kann auch quantitativ durchgeführt werden, wenn man in einem aliquoten Teil des wäßrigen Filtrats mit $^1/_{10}$ n Alkalilösung titriert. Durch Umrechnung läßt sich alsdann der Gesamtsäuregehalt feststellen. Da manche wasserlöslichen organischen Säuren ebenfalls Methylorange röten, so ist die Schwefelsäure durch Fällung mit Bariumchlorid in salzsaurer Lösung zu identifizieren. Organische Säuren sind stets, wenn auch nur in sehr kleinen Mengen, im Öl vorhanden. Sie können einen höheren Betrag annehmen bei Gegenwart von Harzen und von fetten Ölen, welche sich in Fettsäure und Glyzerin spalten. Die oben erwähnten Naphthensäuren haben kein angebbares Molekulargewicht, man stellt deshalb nur die Säurezahl fest. Unter Säurezahl versteht man die Menge Kaliumhydroxyd in mg, welche nötig ist, um 1 g Öl zu neutralisieren. Häufig wird allerdings der Säuregehalt angegeben und wie folgt definiert: 1. als Prozent Ölsäure oder 2. als Prozent Säure, berechnet als Schwefelsäureanhydrid SO_3. Die Beziehungen dieser Werte zueinander sind folgende: Säurezahl 1 = 0,5 % berechnet als Ölsäure, = 0,071 % berechnet als SO_3. Das Molekulargewicht der Ölsäure beträgt nämlich 280, d. h. zur Neutralisation von 280 g Ölsäure werden 56 g KOH (Kaliumhydroxyd) verbraucht, mithin wäre die Säurezahl für

reine Ölsäure $\frac{56 \cdot 1000}{280} = 200$, daraus ergibt sich, daß Säurezahl dividiert durch 2 gleich Prozent Ölsäure ergibt. Gleichermaßen errechnet sich der Faktor für SO_3. 40 g SO_3 sind äquivalent 56 g KOH, es entspricht also die SZ $= \frac{56 \cdot 1000}{40} = 1400$, woraus folgt, daß die gefundene Säurezahl dividiert durch 14 gleich Prozent an SO_3 ist.

In der Praxis findet man alle drei Angaben bezüglich des Säuregehaltes. Doch sollte die Bezeichnung als SO_3 vermieden werden, da sie nur zu Mißverständnissen bezüglich des Charakters der Säure Veranlassung gibt.

Zwecks quantitatver Bestimmung verfährt man wie folgt: ca. 10 g Öl werden in einem Erlenmeyerkolben eingewogen. in einem Gemisch von Äther und Alkohol 2 : 1, welches vorher neutralisiert wurde, gelöst und nun mit $^1/_{10}$ n alkoholischer oder wäßriger Lauge unter Zusatz von Phenolphtalein oder Alkaliblau 6 B als Indikator auf Rot titriert; die verbrauchte Anzahl ccm Lauge multipliziert mit 0,0056 (g KOH) mal 1000 und dividiert durch die Einwage ergibt die Säurezahl. Sollten sich bei der Titration Trübungen bilden und Abscheidungen zeigen, so fügt man noch etwas Äther hinzu. Der zugleich anwesende Alkohol dient dazu, die Kalilauge und die Seife in Lösung zu halten.

Wenn sehr dunkelgefärbte Öle vorliegen, z. B. bei Zylinderölen, verfährt man wie folgt: 20 ccm des Öles werden in einem mit Glasstopfen verschließbaren Meßzylinder mit 40 ccm neutralisiertem Alkohol durchgeschüttelt, über Nacht stehen gelassen und nach erfolgter Trennung der Schichten. in der Hälfte des abgegossenen Alkohols, welche man mit einer weiteren Menge neutralisierten Alkohols verdünnt hat, und nach Zusatz einiger Tropfen Indikator, mit $^1/_{10}$ n Lauge auf Rot titriert. Bei der Berechnung ist event. das spezifische Gewicht zu berücksichtigen, da ja ccm angewandt wurden und auf g gerechnet wird. Ist der Säuregehalt sehr hoch, so muß erneut ausgeschüttelt werden.

2. Alkaligehalt. Dieser kann von den nicht genügend ausgewaschenen Seifen oder von einem Überschuß an Alkali, der aus der Raffination stammt, herrühren. Der Gehalt an Alkali läßt sich nachweisen entweder durch Ausschütteln mit Wasser und Prüfen des wäßrigen Filtrats mit Phenolphtalein, wobei Rotfärbung auf freies Alkali hindeutet, oder auch durch

Rotfärbung der benzolisch-alkoholischen Ausschüttelung des Öles. Quantitativ erfolgt die Bestimmung durch Titration mit $^1/_{10}$ n Säure. Sind nur sehr geringe Mengen Alkali zugegen, so weist man sie am besten in der Asche nach.

3. **Aschengehalt.** Bei schlecht geleiteter Raffination verbleiben endlich noch Spuren von Salzen, und zwar vorzugsweise Glaubersalz Na_2SO_4 im Öl. Dieses läßt sich am besten durch Veraschen des Öles bestimmen. Bei der Veraschung nimmt man gern folgenden Kunstgriff zu Hilfe: In den mit Öl gefüllten Tiegel taucht man einen schmalen Streifen aschefreies Filtrierpapier, läßt ihn sich vollsaugen und zündet nun das über den Tiegelrand herausragende Ende an. Das Öl brennt langsam und ohne zu verspritzen wie bei einer Lampe ab, die letzten Anteile verbrennt man bequem über freier Flamme. Die verbleibende Asche wird gewogen. Reagiert die Asche, welche oft nur in ganz geringen Spuren 0,1 bis 0,05 % zurückbleibt, alkalisch, so deutet dieses auf einen wenn auch nur geringen Gehalt an Seife hin (vgl. Turbinen- und Transformatorenöle); andernfalls prüft man den Rückstand, nachdem man mit wenig salzsaurem Wasser aufgenommen, mit Bariumchlorid auf schwefelsaure Salze, meist Natriumsulfat. Gute Öle sollen nur 0,01 % Asche aufweisen; Zylinderöle dürfen höchstens 0,1 % Asche besitzen, welche aber nicht alkalisch sein soll.

4. **Harz und asphaltartige Bestandteile.** Obwohl der Gehalt an harz- und asphaltartigen Bestandteilen für den Schmierwert und die Brauchbarkeit der Öle von einschneidender Bedeutung ist, hat man erst in den letzten Jahren Methoden und Verfahren gefunden, um den Gehalt hieran festzustellen und die Abscheidung quantitativ durchzuführen. Über ihre chemische Struktur und ihren chemischen Aufbau bestehen noch große Unklarheiten und weitgehendste Differenzen. Holde unterscheidet drei Arten von Harzen:

1. hellgelbe bis bräunlichrote Harze,
2. schwarze Pechstoffe, sog. Weichasphalt,
3. schwarze Asphaltstoffe, sog. Hartasphalt.

Die unter 1. bezeichneten hellen Harze haben beträchtlichen Sauerstoffgehalt und Schwefelgehalt, auch die Jodzahl ist bemerkenswert hoch, so daß sich vermuten läßt, daß diese hellen Harze, die sich auch noch in den raffinierten Mineralschmierölen finden, entstanden sind aus Polymerisation bzw. Kondensation von ungesättigten Verbindungen unter Einlagerung von Sauerstoff und Schwefel, oder von beiden. Nach einer von

Marcusson[1]) aufgestellten Theorie sollen diese Harze polyzyklische Körper sein, welche O und S in ihren Ringen enthalten. Tatsache ist, daß obige drei Arten von Stoffen nicht scharf voneinander geschieden werden können, daß Übergänge bestehen und daß sie genetisch miteinander verknüpft sind. Sehr wesentlich ist die Differenz der Harz- und Asphaltgehalte in Destillaten und Raffinaten. Es ist begreiflich, daß Destillate noch die ganze Menge dieser Fremdbestandteile enthalten, während bei den Raffinaten die Prozentsätze mit der Stärke und der Intensität der Raffination variieren. Durch Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure werden nämlich ein großer Teil der Harzstoffe abgeschieden, ebenso wirkt die Fullererde, durch welche die Öle filtriert werden, als hervorragendes Absorptionsmittel.

Auf das Verhalten mit Schwefelsäure gründet sich eine rohe Bestimmungsmethode der Harz- und Asphaltstoffe, wie sie in Rußland üblich war[2]). Ein abgemessenes Volumen Öl wird mit einem bestimmten Volumen konzentrierter Schwefelsäure geschüttelt und nach dem Absitzenlassen aus der Volumenzunahme der H_2SO_4 der Asphaltgehalt berechnet. Wurden z. B. 40 ccm Öl und 20 ccm H_2SO_4 genommen und beträgt die Volumenzunahme 3 ccm, so ergibt sich hieraus ein Asphaltgehalt in Prozenten nach der Gleichung: $40:3 = 100:x$, $x = 7{,}5\,\%$. Meist steht der Asphaltgehalt mit dem spezifischen Gewicht und der Tiefe der Farbe in Parallele. Bei dicken Zylinderölen verdünnt man zuvor mit Benzin, damit die Säure besser angreifen kann. Für eine rohe technische Prüfung ist diese Methode immerhin als ausreichend zu betrachten. In quantitativer Form ist obiges Verfahren von Armani und Rodano[3]) ausgearbeitet worden. Etwa 10 g Öl werden in einem Schütteltrichter in 100 ccm Petroläther ($d = 0{,}700$) gelöst und diese Lösung mit 5 ccm Schwefelsäure 60° Bé kräftig geschüttelt und 12^h stehen gelassen. Von der klaren Lösung werden 50 cm säurefrei gewaschen, verdunstet und der Rückstand bei 100° getrocknet. Das gefundene Gewicht multipliziert mit 2 gleich unverändertes Mineralöl. Die Differenz zur Einwage entspricht den Pechbestandteilen gleich Harz und Asphalt. Eine technische und sehr rohe Methode besteht darin, daß man eine ganz geringe Ölmenge zwischen zwei geschliffene Glas- oder Eisenplatten bringt, an der Luft liegen läßt und dann beobachtet, wie stark die Platten anein-

---

[1]) Marcusson, Zeitschr. f. angew. Chem. 29, 1916, S. 346.
[2]) Rakusin, Die Untersuchung des Erdöls, S. 112.
[3]) Armani und Rodano, C. 1920, IV, S. 1014.

ander kleben, wieweit also die Verharzung vorgeschritten ist. Dieses Verfahren ist naturgemäß ganz roh und ungenau, hat aber trotz allem insofern seine Bedeutung, als die Öle ja in der Praxis ganz ähnlichen Bedingungen unterworfen sind. Besonders bei Ölen, die für Ringschmierlager und für Umlaufschmierung verwendet werden sollen, bei der also stets die gleiche Ölmenge wieder verwendet wird, ist es von ganz besonderer Wichtigkeit, zu prüfen, inwieweit das Öl auch bei anormalen Bedingungen unverändert verharrt. Auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte ist es klar, daß hell raffinierte Öle weder bei Zimmertemperatur noch bei Temperaturen von 50 bis 100° auch nach monatelangem Stehen eine Verharzung zeigen, wohingegen dunkle Öle, welche noch die gesamten Asphalt- und Pechstoffe enthalten, sich schon nach relativ kurzer Zeit verdicken; z. B. sind dunkle Wagenöle nach 35 stündigem Stehen bereits völlig eingetrocknet, wobei sich die leichtflüchtigen Bestandteile gänzlich verflüchtet haben.

Will man ein quantitatives Maß für diese Eigenschaften gewinnen, so bestimmt man am besten die Kißlingsche Verharzungskonstante, wenigstens bei hellen und relativ dünnen Ölen. Bei Zylinderölen ist es erforderlich, den Asphaltgehalt, sei es mit Normalbenzin, sei es mit Äther-Alkohol festzustellen.

Die Kißlingsche Teer- und Kokszahl, sowie die Kißlingsche Verteerungs- und Verkokungszahl.

Unter Teerzahl versteht Kißling die beim Erwärmen von 100 g Öl mit alkoholischer Natronlauge bestimmter Konzentration in diese übergehenden Stoffe, wie sie nach dem Ansäuern der alkalischen Lösung in Benzol aufgenommen und nach dem Abdunsten des Lösungsmittels verbleiben.

Die Kokszahl ist die Menge der koksartigen Stoffe, die nach Entfernung der Teerstoffe in Petroläther bzw. in Normalbenzin unlöslich bleibt. Von Verteerungs- und Verkokungszahl spricht man, wenn das Öl eine gewisse Zeit auf eine höhere Temperatur erhitzt wurde.

Holde schlägt vor, statt von Kokszahl und Verkokungszahl lieber von Asphalt- und Asphaltierungszahl zu sprechen, wobei dann natürlich statt Petroläther ein Normalbenzin zu nehmen sei.

Bestimmung der Teerzahl. 50 g Öl werden in einem Erlenmeyerkolben, welcher mit Steigrohr versehen ist, mit 50 ccm Natronlauge (50 g Alkohol 96 % und 50 g einer 7,5 %igen wäßrigen Natronlösung) auf dem Wasserbad bei ca. 80 bis 90° C $^1/_4$ h lang unter öfterem Umschütteln erhitzt. Man umhüllt

dann den Kolben mit einem Tuch zwecks Verminderung der Wärmeabgabe und schüttelt die Lösung noch 10 Minuten lang durch, indem man den Kolben gleichmäßig in horizontalen Kreisen schwenkend bewegt. Nun führt man in einen Scheidetrichter über und läßt gut absitzen, filtriert den größten Teil der die teerigen Teile enthaltenden Natronlösung durch ein Faltenfilter in einen Meßzylinder ab, gibt hiervon genau 40 ccm in einen Scheidetrichter. Nach Krammer[1]) soll man nun, um einheitliche Werte zu erhalten, mit 30 ccm Benzin und dann mit 30 ccm Benzol ausschütteln. Indes habe ich bei sehr vielen Versuchen an Transformatorenölen auch ohne diese Manipulationen stets sehr gut übereinstimmende und nicht zu hohe Werte gefunden. Man säuert also nun die alkoholische Lösung mit Salzsäure an und extrahiert die sich abscheidenden harzartigen Bestandteile durch mindestens zweimaliges Ausschütteln mit je 50 ccm Benzol, event. ist häufiger auszuschütteln. Nach zweimaligem Waschen mit ca. 30 ccm destilliertem Wasser wird die Benzollösung verdunstet, der Rückstand bei 105^0 getrocknet und durch Umrechnen auf 100 g der Prozentgehalt bestimmt.

Kokszahl. Das durch das Ausschütteln mit der Kißlingschen Lauge vom Teer befreite Öl wird in 500 ccm Normalbenzin gelöst, hierbei sind auch Versuchskolben und Scheidetrichter usw. mit auszuspülen. Die Lösung läßt man über Nacht stehen. Am nächsten Morgen filtriert man durch ein gewogenes Filter (Schleicher-Schüll, Weißband 589) die koksartigen Bestandteile ab. Der Koks wird von anhaftendem Natron durch Waschen mit heißem Wasser befreit. Alsdann wird das Filter bei 105^0 getrocknet und gewogen. Die gefundene Menge in Prozent ausgedrückt ergibt die Kokszahl.

Verteerungs- und Verkokungszahl. Zu diesem Zwecke erhitzt man das Öl 50^h lang auf 150^0 und bestimmt alsdann die Teer- resp. koksartigen Bestandteile genau wie oben. Eine besondere Vorschrift besteht für die Transformatoren und Schalteröle. In diesem Falle werden 150 g Öl in einem 400 ccm fassenden Erlenmeyerkolben unter Durchleiten von Sauerstoff (lichte Weite des Einleitungsrohres mindestens 3 mm, Anzahl der Blasen pro Sekunde 2) im Ölbade auf 120^0 C, während 70 Stunden ununterbrochen erwärmt. Nach Beendigung des Versuches werden zur Bestimmung der Teerzahl 50 g dieses „geblasenen“ Öles verwendet (s. oben).

---

[1]) Krammer, Petr. XIV, S. 1025.

Der Ausfall der Verteerungszahlen (50^h auf 150^0) ist je nach der Provenienz des Öles und nach dem Grade der Raffination recht verschieden. Kißling gibt folgende Werte an:

Pennsylv. Öle: Verteerungs- u. Verkokungszahl 0,2—0,5 %,
Russische Öle: „ „ „ 1,2 %,
Texasöle: „ „ „ 2,2—2,8 %.

Diese Zahlen geben also einen Maßstab für die Veränderlichkeit der Öle im Betriebe. Da bei manchen Ölen sehr starke Koksabscheidung eintritt, begnügt man sich oft mit einer Erhitzung auf 120^0 wie bei den Transformatorenölen.

Von gleicher Bedeutung wie die Teerzahl für die Maschinenöle und ähnliche Schmierstoffe ist die Asphaltzahl für die Zylinderöle und andere dunkle Öle. Der Asphaltgehalt wechselt mit der Herkunft der Öle. Die russischen und pennsylvanischen Zylinderöle sind verhältnismäßig asphaltarm, wohingegen die dunklen deutschen und die kalifornischen Öle sowie die der Südstaaten sich durch hohen Asphaltgehalt auszeichnen.

Wie bereits erwähnt, existiert ein allmählicher Übergang von den Harzen über die weichen Asphalte zu den harten unschmelzbaren Asphaltenen. Auch dieses sind Sauerstoff und Schwefel enthaltende Substanzen, und zwar steigt mit dem Gehalt an *O* und *S* der Schmelzpunkt, die Härte und die Tiefe der Farbe. Es existieren bezüglich der Entstehung der Asphalte eine ganze Reihe verschiedenster Theorien, auf die hier nicht eingegangen werden soll. Allem Anschein nach handelt es sich auch hier um Polymerisationsprodukte, die unter der Einwirkung der Luft entstanden sind. Bei dunklen Schmierölen nimmt der Asphaltgehalt beim Lagern zu[1]), ferner ist zu bemerken, daß der Gehalt bei Einwirkung von Licht stärker zunimmt als im Dunkeln. Asphalt ist bekanntlich lichtempfindlich. Die Abscheidung und Bestimmung der Asphaltstoffe geschieht durch Ausfällung mit verschiedenen Lösungsmitteln. Je nach Menge und Zusammensetzung dieser Fällungsreagenzien ändert sich Menge und Zusammensetzung der abgeschiedenen Stoffe. Infolgedessen ergeben sich hierbei stets nur relative Zahlen. Benzine mit möglichst niedrigem Gehalt an aromatischen Kohlenwasserstoffen und niedrigem Siedepunkt bewirken eine größere Ausfällung als solche mit höherem Siedepunkt, während aromatische Kohlen-

[1]) Holde, Mitt. 27, 1909, S. 146, und Meyerheim, Chem. Ztg. 34, 1910, S. 454.

wasserstoffe überhaupt die Asphalte wieder in Lösung bringen. Infolgedessen ist man dazu gezwungen worden, zur Bestimmung der Asphalte in dunklen Maschinen- und Zylinderölen ein ganz genau definiertes Benzin zu wählen, und zwar das von Kahlbaum in Adlershof bei Berlin hergestellte Normalbenzin, welches zwischen 60 und 80° destilliert.

1. Bestimmung der in Normalbenzin unlöslichen harten Asphaltene. 5 g Öl werden in einem Erlenmeyerkolben mit der 40fachen Menge Normalbenzin (entspr. ca. 220 ccm) tüchtig durchgeschüttelt, bis sich das Öl völlig gelöst hat. Bei sehr asphaltreichen Ölen nimmt man die Einwage und die Menge des Lösungsmittels entsprechend kleiner. Man läßt nun über Nacht, und zwar bei Zimmertemperatur (15 bis 20°), und im Dunklen stehen und filtriert am nächsten Morgen durch ein Weißbandfilter (Schleicher-Schüll 589). Der verbleibende Rückstand wird solange mit Normalbenzin ausgewaschen, bis das Filtrat farblos abläuft und eine kleine Probe beim Verdunsten kein Öl mehr zurückläßt. Man löst nun das mitausgefällte Paraffin durch Extrahieren des Filters mit siedendem 96%igen Alkohol. Gewisse amerikanische und deutsche Öle enthalten hiervon nicht unbeträchtliche Mengen. Der verbleibende Rückstand wird nun durch warmen Benzol vom Filter heruntergelöst, aus einer gewogenen Schale oder einem Kolben das Lösungsmittel abdestilliert, der Rückstand bei 105° getrocknet und zur Wägung gebracht. Fremde in Benzol unlösliche Anteile verbleiben auf dem Filter und können eventuell durch Wägung quantitativ bestimmt werden.

2. Bestimmung der in Äther-Alkohol 2:1 unlöslichen Asphaltene und Harzstoffe.

In einer mit Glasstopfen verschließbaren Flasche werden 5 g Öl mit dem 25fachen Volumen Äther vom spez. Gew. 0,72 (entsprechend 137,5 ccm unter Annahme des Ölgewichtes von 0,910) in der Zimmerwärme gelöst. In diese Lösung läßt man aus einer Bürette unter ständigem Schütteln das $12^1/_2$fache Volumen 96%igen Alkohols (68,5 ccm) einfließen. Man schüttelt gut durch und läßt dann 5^h^ bei einer Temperatur von 15° ruhig stehen und filtriert dann schnell durch ein Faltenfilter. Man wäscht nun Flasche und Filter mit einem Gemisch von Äther-Alkohol 2:1 sehr gut aus. Der Rückstand, bestehend aus Erdwachs, hellem weichen Harz und Asphalt wird in Benzol gelöst, in einer gewogenen Schale eingedampft, bei 105° getrocknet und gewogen (Pech und Paraffin). Diesen Rückstand löst resp. suspendiert man vorsichtig in Äther, gießt in

eine mit ausgeglühtem Sand und einem Glasstab beschickte Schale. Man achte darauf, daß der Sand keine in Alkohol oder in Benzol löslichen Stoffe wie Salze, etwa Chloride enthält. Man bringt den Äther nun zum Verdunsten, gibt den Sand in eine Extraktionshülse und extrahiert nun erschöpfend mit absolutem Alkohol, wodurch das Paraffin gewonnen wird. Nach dem Verdunsten des Alkohols kann das Paraffin gewogen werden. Die Differenz der beiden Gewichte ergibt den Weichpechgehalt. Beide Verfahren sind in der Technik üblich, besonders das unter 1 beschriebene.

5. Bereits im früheren Kapitel wurde erwähnt, daß eine Reihe von Rohölen zwar wenig asphaltös sind, dagegen sehr reich an **Paraffin.** Dieses Paraffin ist zwar für die Schmierwirkung ohne besonderen Einfluß, bewirkt jedoch einen sehr hochliegenden Stockpunkt, so daß man schon aus dieser Feststellung Rückschlüsse zu ziehen vermag auf den Gehalt an festem Paraffin. Durch gewisse Fällungsmittel, wie Äther-Alkohol und Methyläthylketon (Butanom), kann das Paraffin in der Kälte quantitativ abgeschieden werden.

6. Zur Bestimmung der **ungesättigten und der aromatischen Verbindungen** dient die Formolit- oder Nastjukoffsche Reaktion[1]). Bei Gegenwart von Schwefelsäure entsteht mit Formaldehyd ein unlöslicher gelber fester Körper, das Formolit. Die Formolitzahl gibt die Menge des Formolits in 100 g Öl an. Sie ist ein Kennzeichen für die Menge der im Öl befindlichen ungesättigten und zyklischen Verbindungen. Sie wird hauptsächlich für die Beurteilung der Rohöle herangezogen und kommt für die Kennzeichnung der Schmieröle nur sehr selten zur Anwendung.

7. In nur sehr wenigen Fällen wird auch auf den Gehalt an **Schwefel** untersucht. Bei Transformatorenölen z. B. wird Schwefelfreiheit verlangt. Zur qualitativen Prüfung verfährt man hierbei wie folgt:

1 bis 2 gr Öl werden mit einem erbsengroßen Stück Natriummetall erhitzt, bis alles Öl verdampft und nur eine kohlige Masse im Rohre verblieben ist. Man extrahiert diesen Rückstand mit destilliertem Wasser; bei Gegenwart von Schwefel wird durch Nitroprussidnatrium eine purpurviolette Färbung hervorgerufen.

---

[1]) Nastjukoff, Petr. IV, S. 1336 bis 1397, 1908/1909.

d) Zusätze fremder Substanzen.

Außer der Feststellung dieser den Ölen eigentümlichen und ihnen als wesentliche Bestandteile zugehörigen Stoffe bedarf es des Nachweises fremder Substanzen, die man ihnen zusetzt, um die Eigenschaften in irgendeiner Weise zu modifizieren.

1. Zusatz von Seife. Seifen, und zwar Tonerde-, Kalk- und Alkaliseifen, werden dem Mineralöl aus dem Grunde zugesetzt, um ihnen eine gewisse Konsistenz zu verleihen oder seine Emulgierbarkeit mit Wasser zu bewirken. Indessen ist diese letzte Eigenschaft des Emulgierens sehr oft von großem Nachteil, beispielsweise bei Zylinderölen, weil die Wasserdämpfe das Öl mitreißen und von den Schmierstellen fortführen. Gewisse Raffinate, wie Dampfturbinenöle und Transformatorenöle, müssen absolut seifenfrei sein, und selbst die letzten aus der Raffination stammenden Reste müssen beseitigt werden. Die Feststellung geschieht durch den Nachweis von alkalischer Asche, oder dadurch, daß beim Durchschütteln des Öles mit Wasser sich eine weiße Emulsion bildet. Diese Emulsionsprobe kann auch bis zu einem gewissen Grade quantitativ durchgeführt werden. Man schüttelt eine abgemessene Menge Öl mit einer bestimmten Menge heißen Wassers, — bei Maschinenölen arbeite man bei Zimmertemperatur — und beobachtet, ob sich eine Emulsionsschicht bildet, resp. wie groß die Emulsionsschicht ist und in welcher Zeit sie sich trennt. Für Dampfturbinenöle hat sich ein einfaches Verfahren bewährt, das darin besteht, daß man 20 ccm Öl in einen weiten Zylinder, welcher eine Einteilung bis 250 ccm besitzt, mit 100 ccm Wasser übergießt, anwärmt und nun 10 Minuten lang Wasserdampf einleitet. Nach Abstellen des Dampfstromes beobachtet man, in welcher Zeit sich die sehr innige Mischung demulsioniert. Die maximal abgeschiedene Menge Öl heißt Demulsibilität. Statt des Dampfstromes kann die Durchmischungdurch einen Rührer, welcher aus einer Platte von folgenden Dimensionen: 89×20×1,5 mm besteht, bewirkt werden. Man rührt 5′ lang mit 1500 Umdrehungen pro Minute bei einer Temperatur von

Abb. 14. Prüfung von Dampfturbinenölen.

55° C[1]). Quantitativ kann der Seifengehalt auf folgende Weise festgestellt werden:

1. Titrimetrisch. Nach Feststellung der Säurezahl wird die Seife mit Salzsäure zersetzt, das Öl mineralsäurefrei gewaschen und die freie Säure titriert.

2. Das Mineralöl wird in Petroläther gelöst, dann etwa siebenmal mit 50%igem Alkohol, je 20 ccm, ausgezogen, die gesamten alkoholischen Extrakte wieder mit Petroläther extrahiert, der Alkohol wird nun verdampft und die zurückbleibende Seife gewogen.

3. Endlich kann man, sofern keine anderen mineralischen Bestandteile zugegen, aus der Asche den Seifengehalt berechnen.

2. Ein Zusatz von fettem Öl zu Mineralöl wird sehr häufig aus dem Grunde gemacht, um die Vorzüge beider Ölarten zu vereinigen. Es wäre ein Irrtum, diese Zusätze als Verfälschungen oder Verschlechterungen anzusehen. Nur bei Zusatz von trocknenden Ölen, wie Leinöl oder Hanföl, könnte man hiervon sprechen. In den anderen Fällen können die Vorteile und Nachteile der beiden Ölsorten sich sehr wohl ausgleichen, und es liegt im Geschick und der Erfahrung des Fabrikanten, hier die geeignetste Kombination zu finden. Bekanntlich haben Rüböl und Knochenöl eine ganz besonders hohe Schmierfähigkeit. Bei Heißdampfzylinderölen will man beobachtet haben, daß ein Zusatz von fetten Ölen nicht nur die Schmierfähigkeit erhöht, sondern auch die Rückstandsbildung in den Kolben verhindern soll. Bei den Marineölen werden bedeutende Zusätze von kondensiertem Rüböl, Kottonöl oder Tran gemacht, um eine gewisse Emulsionierung mit dem Seewasser und erhöhte Schmierung zu erzielen. So wird man also gerade in hochwertigen Mineralschmierölen nicht unbedeutende Mengen von fettem Öl finden, und der Nachweis sowie ihre quantitative Bestimmung ist für den Betriebsmann von nicht unwesentlichem Belange.

Qualitativ erkennt man Zusätze an fettem Öl — über 1 bis 2% — nach der sog. Luxschen Probe. Man erhitzt in einem Reagenzrohr einige ccm Öl mit Natriummetall oder festem gepulverten Natriumhydroxyd ca. 1/4 Stunde auf etwa 250°. Tritt starkes Schäumen der Masse auf, und gelatiniert sie nach dem völligen Erkalten, so ist der Beweis für die Gegenwart von fettem Öl erbracht. Tritt Gelatinieren

[1]) Winslow-Herschel, C. 1920, S. 611.

ohne Schaumbildung ein, so liegt Verdacht auf Harz resp. Naphthensäure vor. Als ganz rohe Probe kann folgende Methode gelten: Man gibt einige Tropfen des zu untersuchenden Öles auf die Handfläche und verreibt sie innig mit einigen Tropfen Wasser. Beobachtet man eine rahmartige innige Emulsion der beiden Flüssigkeiten, so liegt Zusatz von fettem Öl vor. Bei Gegenwart von kondensiertem Öl bildet sich eine ziemlich zähe Emulsionsschicht.

Die quantitative Bestimmung erfolgt am besten durch Ermittlung der Verseifungszahhl. Definition dieser s. Seite 51.

Praktisch wird hierbei wie folgt verfahren:

Je nach dem mutmaßlichen Gehalt an fettem Öl werden 5 bis 10 g der Probe mit 25 bis 50 ccm n/2 alkoholischer Kalilauge und etwa 20 ccm Benzol oder Xylol übergossen und eine halbe Stunde am Rückflußkühler erhitzt. Man fügt etwa 25 bis 30 ccm neutralisierten 96 %igen Alkohol hinzu und titriert nach Zugabe von Phenolphtalein resp. Alkaliblau 6B als Indikator mit n/2 Salzsäure auf farblos resp. blau zurück. Der Titer der Lauge wird durch einen blinden Versuch, der analog wie der wahre Versuch selber angesetzt wird, aber kein Öl enthält, kontrolliert. Die Berechnung gestaltet sich alsdann wie folgt sehr einfach:

Angewandte Menge 5 g.
Blinder Versuch 25 ccm KOH entspr. 24,8 n/2 HCl,
zurücktitiert beim Öl 20,2 ccm HCl.

$$\text{Verbrauch also} \quad \begin{array}{r} 24{,}8 \\ 20{,}2 \\ \hline 4{,}6 \end{array} \text{ ccm HCl.}$$

1 ccm n/2 HCl entspricht 0,028 g KOH, mithin die

$$\text{V Z} = \frac{4{,}6 \cdot 0{,}028 \cdot 1000}{5} = 25{,}76\,.$$

Für die bei den Mineralschmierölen in Frage kommenden fetten Öle kann man meist mit einer durchschnittlichen Verseifungszahl von 185 rechnen. Danach ermittelt sich der Prozentgehalt an fettem Öl in obigem Beispiel nach folgender Überlegung:

$$185 : 100 = 25{,}76 : x \qquad x = 13{,}09\,\%.$$

Von der Verseifungszahl ist eventuell die Säurezahl in Abzug zu bringen, sofern man nur den Gehalt an Neutralfett wissen will. Bei Gegenwart von Wollfett hat man mit einer Verseifungszahl von 100 bis 105 zu rechnen. Wollfett gibt

sich durch seinen Geruch und die spezifische Wollfettreaktion — Grünfärbung mit Essigsäureanhydrid und konz. Schwefelsäure — zu erkennen.

Zusatz von kondensiertem Tran und kondensiertem Rüböl findet man häufig bei den Marineölen. Hier ist im Durchschnitt die Verseifungszahl 200 zu setzen, wohingegen man bei den Voltolölen mit einem Verseifungswert von 220 rechnen kann, speziell wenn Tranvoltöl zugesetzt wurde. Bei diesen Produkten ändert sich ja bekanntlich durch das Durchleiten von Luft im erwärmten Zustand, also durch Oxydation und Polymerisation, der Verseifungswert nicht unwesentlich.

3. Zusatz nicht verseifbarer und nicht erdölartiger Stoffe. Sind im vorherigen der Nachweis von Stoffen beschrieben, welche als die Schmierwirkung fördernd anzusehen sind, so soll im folgenden Abschnitt der Nachweis der Stoffe erörtert werden, welche als mehr oder weniger mindernd auf die Schmierwirkung zu erachten sind. Besonders während des Krieges hat der Fabrikant zur Streckung der Vorräte zu Stoffen greifen müssen, welche im Lande in genügender Menge vorhanden waren, aber an Wert den Mineralölen nicht ebenbürtig waren. Es waren in der Hauptsache Produkte der Steinkohlen- und Braunkohlendestillation, deren Gewinnung und Eigenarten wir bereits im ersten Kapitel erörtert haben. Sowohl die Braunkohlen- wie die Steinkohlenteeröle sind durch ihren hohen Gehalt an Phenolen und Kresolen charakterisiert, Körper, die sich bereits durch ihren Geruch bemerkbar machen.

α) Der Steinkohlenteer und die aus ihm gewonnenen Teerfettöle sind im besonderen durch folgende Merkmale zu erkennen. Ihr spezifisches Gewicht ist über 1,0. In Alkohol sind sie stark, zuweilen völlig löslich, und zwar mit tiefdunkler Farbe; mit konzentrierter Salpetersäure reagieren sie lebhaft unter Bildung von Nitrokörpern. Die Zähigkeit der Steinkohlenöle ist meist gering, $E_{20} = 2 - 4$, doch kommen auch künstlich verdickte Fettöle in den Handel. Diese unter dem Namen Meiderol von der Ges. für Teerverwertung Duisburg-Meiderich und Rütgersol von den Rütgerswerken, Berlin, angebotenen Produkte sind Teerdestillate, Anthrazenöle, die durch besondere Verfahren von den festen Stoffen befreit und auf eine bestimmte Viskosität gebracht sind, so daß sie für geringere Schmierzwecke, für Lager, Gleitflächen und Achsen, welche keinen großen Drücken ausgesetzt sind und die keinen großen Temperaturschwankungen unterworfen sind, wohl ge-

eignet sind. Auch konsistente Fette und Spritzfette werden aus ihnen hergestellt und haben sich auch leidlich bewährt.

β) Die Braunkohlenteeröle verhalten sich ganz ähnlich, auch sie haben ein hohes spezifisches Gewicht, zwischen 0,890 bis 0,970, also höher als die meisten Mineralöle. Die Löslichkeit in Alkohol ist beträchtlich, mit Salpetersäure reagieren die Braunkohlenteeröle ebenfalls, wenn auch nicht so heftig wie die aus den Steinkohlen.

Eine einigermaßen einwandfreie Reaktion. ob Stein- oder Braunkohlenteeröle dem Mineralöl zugesetzt sind, ist die Graefesche Diazoreaktion sowie die Valentasche Reaktion mit Dimethylsulfat.

Die Graefesche Reaktion beruht auf der Bildung von Farbkörpern der im Öl sich findenden Phenole mit Diazobenzolchlorid, die Valentasche Reaktion auf der Löslichkeit von Benzolkohlenwasserstoffen in dem allerdings sehr giftigen, daher mit Vorsicht zu verwendenden Dimethylsulfat. Die Diazoreaktion ist übrigens nicht immer beweisend für die Gegenwart von Teerölen, da man gerade in jüngster Zeit festgestellt hat, daß gewisse mexikanische Rohöle die gleiche Reaktion zeigen. Durch quantitative Bestimmung der Phenole auf den Gehalt an Teeröl zu schließen, ist insofern nicht zulässig, da der Gehalt je nach der Herstellungsmethode sehr schwankend sein kann, mithin ein geringer Phenolgehalt noch nicht besagen will, daß auch wenig Teeröl zugesetzt sei. Obwohl die Phenole als Körper saurer Natur anzusehen sind, kann man sie nicht durch Titration bestimmen, da ihr saurer Charakter zu schwach ist, so daß sie mit den gewöhnlichen Indikatoren keinen scharfen Farbenumschlag geben. Dagegen hat Lazar[1]) jüngst eine gravimetrische Methode zur Bestimmung dieser Körper beschrieben.

γ) In früheren Zeiten wurde den Mineralölen zuweilen Kautschuk zur Erhöhung der Zähigkeit zugesetzt, ein Mittel, das natürlich sehr leicht zur Verschmierung der Lager führen mußte. Der Kautschuk scheidet sich aus der ätherischen Lösung des Öles auf Zusatz von Alkohol ab, und zwar als fadenziehendes Produkt; dasselbe kann dann abfiltriert und zur Wägung gebracht werden.

δ) Zusatz von Harz und Harzölen. Bisweilen werden den Mineralölen Harz und Harzöle, also Produkte, welche bei der Destillation des Kiefern- und Fichtenholzes entstehen, hin-

---

[1]) Lazar, Chem. Ztg. 1921, S. 197.

zugefügt. Infolge ihrer Neigung, in dünner Schicht eine klebende Masse zu bilden, sind derartige Zusätze durchaus ungeeignet und als Verfälschung anzusprechen, mindestens bedeutet ein solcher Zusatz eine Wertverminderung des Öles. Man hat zu unterscheiden zwischen Harzsäuren und Harzölen. Beide entstehen bei der Destillation des Rohharzes. Die Harzsäuren haben ausgesprochen sauren Charakter, während die Harzöle den Mineralölen ähnlicher sind. Reines Harzöl wird zuweilen als Transformatorenöl verwendet. Die Harzsäuren dienen dagegen zur Herstellung von Wagenschmieren und wasserlöslichen Ölen u. dgl. Beobachtet man im Mineralöl eine abnorm hohe Säurezahl, so liegt Verdacht auf Harzöl vor. Zum genaueren Nachweis schüttelt man das Öl mit 70 $^0/_0$igem Alkohol aus, verdunstet den abfiltrierten Alkohol, und verbleibt dann ein harzartiger nichtöliger Rückstand, so wird dieser in einigen ccm Essigsäureanhydrid gelöst und gibt bei Zusatz von Schwefelsäure dann eine tiefviolette Färbung (Morawskische Reaktion). Die Harzöle zeichnen sich durch niedrigen Flammpunkt, durch hohe Verdampfbarkeit sowie durch hohe Jodzahl und große Löslichkeit in Alkohol aus.

4. Gebrauchte Mineralschmieröle. Zuweilen werden dem Verbraucher, zu billigeren Preisen allerdings, bereits gebrauchte Öle angeboten. Diese Öle sind meist etwas dunkler in der Farbe, enthalten bei nicht sorgfältiger Reinigung größere Mengen Wasser (Prüfung nach der Methode von Marcusson) und mechanische Verunreinigungen (s. S. 73 u. 74). Das spezifische Gewicht und die Zähigkeit sind bei ihnen durch die Verdampfung der niedriger siedenden Anteile meist etwas höher. Gebrauchte Zylinderöle haben sich infolge der Erhitzung mit Asphaltstoffen angereichert. Waren in dem ursprünglichen Öle fette Öle zugegen, so beobachtet man infolge Zersetzung der Neutralöle eine höhere Säurezahl, zuweilen sind auch Eisenseifen im Öl nachzuweisen (Aschengehalt). Eine Regeneration der mit fetten Ölen kompoundierten Mineralschmieröle ist meist schwierig, verlustreich und mit großen Kosten verbunden.

e) Untersuchung der halbfesten und festen rein mineralöligen Produkte.

Im Anschluß an die Untersuchung der flüssigen Mineralschmieröle sind noch der Prüfung der festen und halbfesten Produkte, soweit sie der Schmierung dienen oder zu ähnlichen Zwecken Verwendung finden, einige Worte zu widmen.

1. **Das natürliche Vaselin**, wie es bei der Erdölverarbeitung aus den Rückständen gewonnen und alsdann zu helleren Produkten raffiniert wird, dient entweder als sehr zähflüssiges Schmiermittel oder als Rostschutzmittel oder endlich für kosmetische und pharmazeutische Zwecke, die uns hier aber nicht weiter interessieren. Dementsprechend richtet sich die Prüfung dieser Produkte auf folgende Punkte: Tropfpunkt, Viskosität und Säurefreiheit. Weniger wichtig ist das spezifische Gewicht, das meist bei höherer Temperatur mit der Mohrschen Wage festgestellt wird. Den Tropfpunkt erhält man nach der Methode von Ubbelohde (s. S. 92). Die Feststellung auf Säurefreiheit, ebenso die Gegenwart von fremden Bestandteilen geschieht in gleicher Weise wie bei den Mineralölen.

Das künstliche Vaselin wird durch Mischung von hellem Öl mit Zeresin und Paraffin bereitet. Von dem natürlichen unterscheidet es sich außer durch seine kurzfaserigere Struktur durch die plötzliche Art zu schmelzen. Es ist überdies wesentlich dünnflüssiger als das natürliche Vaselin. Bei niedrigen Temperaturen indes tropft dieses bereits aus dem Viskosimeter, während das künstliche noch völlig fest ist. Sein Schmelzpunkt liegt zwischen 30 bis 40°. Wegen dieses Verhaltens ist das Naturvaselin besser geeignet als das technische Vaselin.

2. **Das Paraffin**, das in den Ölen verschiedener Provenienz — auch im Braunkohlenteer, Schiefer- und Torfteer finden sich beträchtliche Mengen — in wechselnden Mengen vorhanden ist, läßt sich aus diesen nur auf umständliche Weise in der vom Handel gewünschten Reinheit gewinnen. Man unterscheidet Weich- und Hartparaffin, oder nach seiner äußeren Form zwischen Schuppen- und Tafelparaffin. Durch Ausfrieren aus den Destillaten, Abfiltrieren und nachfolgendem Ausschwitzen des Gatsches wird das Paraffin nach und nach völlig entölt. Die weitere Reinigung erfolgt dann durch eine der Schmierölraffination analogen Manipulation. Es kommen braune, gelbe und weiße Paraffine in den Handel. Zu den eigentlichen Schmiermitteln wird Paraffin relativ wenig verarbeitet. Nur bei der künstlichen Vaseline, bei Lederfetten und einigen anderen Spezialprodukten findet das Paraffin Verwendung. Zu seiner Beurteilung dient neben der äußeren Erscheinung, wie Geruch, Farbe, vor allem der Schmelzpunkt. Dieser wird am genauesten nach der Methode von Shukoff (s. Seite 91) bestimmt. Er schwankt beträchtlich und ist für Weich- oder Schuppenparaffin 30 bis 45°, für Hart- oder Tafelparaffin 48 bis 58° C.

Dem Paraffin ähnlich und auch in genetischem Zusammenhang mit ihm stehend ist das Erdwachs, Ozokerit, oder gereinigt auch Zeresin genannt. Es findet sich in Galizien und wird daselbst bergmännisch gewonnen.

Nach Untersuchungen von Zaloziecki und Marcusson[1]) ist der chemische Aufbau des Ozokerits dem des Paraffins sehr ähnlich, besteht aber wohl in der Hauptsache aus Isoparaffinkohlenwasserstoffen, d. h. Verbindungen mit verzweigter Kohlenstoffkette. Das rohe Erdwachs ist von dunkelbrauner Farbe und dient als Kabelwalzenmasse, meist jedoch wird es durch Behandeln mit warmer Schwefelsäure raffiniert und man erhält dann ein gereinigtes hellgelbes bis weißes Produkt, welches zur Herstellung von künstlichem Vaselin, Bohnerwachs, Schuhcreme und in der Kerzenindustrie Verwendung findet. Die Beurteilung des Zeresins richtet sich nach der Höhe des Schmelzpunktes sowie nach der Reinheit der Farbe. Der hohe Wert des Zeresins hat es mit sich gebracht, daß chemisch reines Zeresin kaum noch in den Handel kommt, und daß selbst der Handelsgebrauch stark mit Paraffin verschnittene Zeresine noch als solche bezeichnet. Infolgedessen ist eine Trennungslinie zwischen diesen beiden Produkten sehr schwer zu ziehen. Die Zusätze an Paraffin sind nur nach sehr komplizierten Methoden zu ermitteln (spez. Gewicht und Bestimmung des Berechnungsindex). Die Bestimmung des Schmelzpunkts resp. Tropfpunkts geschieht wie beim Paraffin. Er schwankt von 54 bis 68° C.

3. Die bei der Gewinnung der Schmierölfraktionen in der Blase verbleibenden **Rückstände** kommen unter dem Namen Petrolrückstände, Erdölpech, Erdölasphalt, auch Goudron, in den Handel und werden auf die verschiedenartigsten Schmierstoffe verarbeitet. Durch Verdünnen mit leichtem Öl werden dunkle Schmieröle, speziell Eisenbahnöle hergestellt; dann dienen sie als Zusatz bei der Herstellung von Wagenfetten, Heißwalzenschmieren und ähnlichen Produkten. Ihre Verwendung für Dachpappe zu Isolationszwecken sei nur nebenbei erwähnt. Je nach dem Grade, wieweit die flüssigen Anteile abdestilliert wurden, kann man verschiedene Sorten von Petrolpech unterscheiden, vom halbflüssigen salbenartigen bis zum festen springharten Goudron. Diese Produkte stehen übrigens chemisch in naher Beziehung mit den in der Natur

---

[1]) Zaloziecki und Marcusson, Zeitschr. f. angew. Chem. 1, S. 26 und Chem. Ztg. 1915, S. 613.

vorkommenden Naturasphalten, wie dem Trinidadasphalt und den Asphaltiten, wie Gilsonit usw. Bezüglich der Klassifikation dieses sehr umfangreichen Gebietes der Natur- und Kunstasphalte sei auf das systematische und inhaltlich vorzügliche Buch von Marcusson hingewiesen: „Natürliche und künstliche Asphalte". Verlag W. Engelmann, 1921. — Hier wird man auch über die Untersuchung dieser höchst komplizierten und „düsteren" Materie erschöpfende Auskunft erhalten. Erwähnt sei nur noch, daß man den äußerlich den Petrolrückständen sehr ähnlichen Säuregoudron, welcher bei der Raffination des Erdöls mit H_2SO_4 erhalten wird und mit basischen Substanzen, meist Kalk, dann neutralisiert wird, von jenem durch seinen Gehalt an schwefelsauren Salzen erkennen kann. Das spezifische Gewicht dieser Säuregoudrons ist meist größer als 1,0.

Die bei der Destillation der Fettsubstanzen verbleibenden Fettpeche, Stearinpech, Wollfettpech usw., werden bei der Herstellung von Walzenschmieren und von Kabelmassen vielfach verarbeitet. Sie sind durch ihre hohe Verseifungszahl charakterisiert, welche durch die noch in ihnen enthaltenen Fettsäuren bedingt ist.

B. Prüfungsmethoden der fetten Öle und Fette.

a) Die physikalischen Prüfungsmethoden

der animalischen und vegetabilischen Fette und Öle decken sich im allgemeinen mit denen, die für Mineralöl gültig sind. In den organischen Lösungsmitteln wie Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Trichloräthylen und Tetrachlorkohlenstoff sowie in Petroläther sind die Glyzeride glatt löslich. Nur in Alkohol sind sie weniger löslich (Ausnahme Rizinusöl), doch steigt das Lösungsvermögen mit steigendem Fettsäuregehalt.

Die Feststellung des spezifischen Gewichtes geschieht in analoger Weise wie auf Seite 95f. beschrieben, ebenso ist das Wichtigste über Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt bereits auf Seite 91 u. 92 gesagt worden.

Verunreinigungen wie Wasser, Asche usw. werden nach den bekannten Verfahren (S. 74 u. 100) ermittelt. Vermutet man jedoch eiweißhaltige Substanzen im Öl, so erhitzt man auf 250° C, wobei die Schleim- und Eiweißstoffe koagulieren, sich zusammenballen und sich in Flocken abscheiden. Man bezeichnet diese Erscheinung mit „Brechen des Öles". Durch Filtration der

abgeschiedenen Stoffe durch ein gewogenes Filter kann der Gehalt an Eiweißstoffen auch quantitativ bestimmt werden.

b) Die chemischen Prüfungsmethoden

gestalten sich infolge des strukturell verschiedenen Aufbaues der Fette prinzipiell anders.

Da infolge des hohen Preises der fetten Öle häufig ein Verschneiden mit Mineralöl vorgenommen wird, so ist

1. die **Feststellung des Unverseifbaren** von gewisser Bedeutung. Qualitativ prüft man wie folgt:

6 Tropfen des vorher filtrierten Öles werden im Reagenzglase mit 2 ccm n/2 alkoholischer Lauge 2 Minuten lang gekocht. Bei langsamem Zusatz von Wasser tritt bei Gegenwart von Mineralöl eine Trübung oder gar Abscheidung auf.

Will man das Unverseifbare quantitativ feststellen, so verfährt man nach der Methode von Spitz und Hönig:

3 bis 4 g Öl werden mit 20 ccm 10 %iger alkoholischer Kalilauge und 20 ccm 96 %igem Alkohol ca. 20 Minuten am Rückflußkühler verseift und nun ca. 32 ccm Wasser zugefügt, so daß man eine etwa 50 %ige alkoholische Lösung erhält. Man läßt noch einmal aufkochen und gibt dann die abgekühlte Masse in einen Scheidetrichter. Man schüttelt nun mehrfach mit 50 ccm leichtsiedenden Petroläther aus, d. h. solange, bis sämtliche unverseifbaren Anteile der Seifenlösung entzogen sind. Die vereinigten Benzinauszüge werden nun 3mal mit je 15 ccm 50 %igem Alkohol, dem man etwas Alkali zugesetzt, ausgewaschen. Die Benzinlösung wird durch ein trockenes Filter in einen gewogenen Kolben filtriert und nach Abdunsten des Lösungsmittels und Trocknen des Rückstandes bei 105° bis zur annähernden Gewichtskonstanz dieser gewogen und so das Unverseifbare ermittelt.

Aus der Seifenlösung und den vereinigten alkoholischen Auszügen lassen sich durch Ansäuern mit Salzsäure die Fettsäuren abscheiden und nach dem Aufnehmen in Äther oder Petroläther sowie nach dem Mineralsäurefreiwaschen und Abdestillieren des Lösungsmittels isolieren und nun für sich untersuchen. Auf die Kennzeichnung der einzelnen Ölarten nach spezifischen Reaktionen kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden (s. Kapitel I). Nur die Bestimmung der einzelnen sogenannten quantitativen Konstanten soll hier, soweit es noch nicht geschehen, beschrieben werden.

2. Über die Bestimmung der **Säure- und Verseifungszahl** s. Seite 98 u. 109. Häufig findet man in der Literatur die Bezeichnung **Ätherzahl**, sie bedeutet nichts anderes als die zur Verseifung des in 1 g Substanz vorhandenen Neutralfettes notwendigen mg Kali. Sie ist demnach gleich der Differenz aus Verseifungszahl und Säurezahl, also Ätherzahl = VZ — SZ.

3. Die **Reichert-Meißl-Zahl** (RMZ), welche angibt, wieviel ccm n/10-Lauge nötig sind, um die aus 5 g Fettsäuren erhaltenen flüchtigen Fettsäuren zu neutralisieren, wird zuweilen bei den sog. Marineölen, das sind Mischungen von Mineralölen mit geblasenem Rüböl oder Kottonöl. festgestellt. Ihre Bestimmung ist sonst für die Schmiermittel von untergeordneter Bedeutung. Das gleiche gilt für die Hehnerzahl, welche den Prozentsatz der in Wasser unlöslichen Fettsäuren angibt.

4. Die **Jodzahl** (über ihre Definition und Bedeutung siehe Seite 45) ist von großer Wichtigkeit für die Kennzeichnung der Öle. Stark abgepreßte nud stearinfreie, sowie geblasene Öle zeigen niedrigere Jodzahlen als die normalen Öle. aus denen sie hergestellt sind.

Methode nach Hübl-Waller: Man verwendet eine Lösung von 25 g Jod und 30 g Quecksilberchlorid in 95 %igem Alkohol (je 500 ccm) und fügt zu der Mischung 50 ccm Salzsäure (d = 1,19) hinzu und läßt vor dem Gebrauch erst einen Tag stehen. Die Jodmenge wird jeweils mit Natriumthiosulfat titriert. Man löst 24,8 g reines Thiosulfat in 1 Liter ausgekochtem Wasser auf und stellt seinen Titer in folgender Weise fest: Von einer Kaliumbichromatlösung, welche genau 3,8663 g $K_2Cr_2O_7$ im Liter enthält, werden beispielsweise 20 ccm mit 10 ccm Jodkaliumlösung 10 %ig und 5 ccm konzentrierte Salzsäure versetzt und das abgeschiedene Jod mit der zu stellenden Thiosulfatlösung titriert. Man läßt also unter ständigem kräftigen Umschütteln so lange Thiosulfat zufließen, bis die Lösung schwach gelb gefärbt ist, fügt dann Stärkelösung 1 %ig hinzu und titriert weiter, bis die blaue Farbe verschwunden ist. 20 ccm der Bichromatlösung entsprechen genau 0,2 g Jod; daraus läßt sich die Stärke der Thiosulfatlösung errechnen. Wurden beispielsweise 19,4 ccm Thiosulfat verbraucht, so entspricht 1 ccm = 0,010309 g Jod.

Für die eigentliche Bestimmung wägt man nun in einem mit Glasstopfen verschließbaren Erlenmeyer, je nach Art des Fettes, von flüssigen Ölen ca. 0,2 g (6 bis 8 Tropfen), von festen Fetten 0,5 bis 1,0 g und von trocknenden Ölen nur

0,15 bis 0,2 g ab, löst in 20 ccm Chloroform oder Tetrachlorkohlenstoff und fügt aus einer Pipette mit automatischem Ausfluß 25 ccm der Jodlösung hinzu. Ein blinder Versuch ohne Öl wird analog angesetzt. Man läßt über Nacht stehen und bestimmt die noch verbliebenen nicht absorbierten Jodmengen nach Zugabe von ca. 15 ccm Jodkalilösung 1 : 10 und 100 ccm Wasser mit der oben gestellten Thiosulfatlösung.

Beispiel: 0,1428 g Öl wurden mit 25 ccm Jodlösung versetzt. Das gleiche Quantum ohne Öl verbrauchten 55,8 ccm Thiosulfat, während für den Rest des nicht absorbierten Jods in dem ölhaltigen Kolben nur noch 43,4 ccm verbraucht werden. Der Jodabsorption entspricht also:

$$\begin{array}{r} 55{,}8 \\ -\,43{,}6 \\ \hline 12{,}2 \end{array} \text{ ccm Thiosulfat}$$

1,0 ccm Thiosulfat entspricht 0,010309 g Jod,
12,2 „ „ entsprechen 0,12577 „ „

Also beträgt die Jodzahl $\frac{0{,}12577 \cdot 100}{0{,}1428} = 88{,}07$.

Um die Länge der Versuchsdauer von 24 Stunden, welche für die Hübl-Wallersche Jodzahlmethode erforderlich, zu verkürzen, benutzt man die Wiyssche Lösung.

Sie enthält 7,8 g Jodtrichlorid und 8,5 g Jod auf 1 Liter Eisessig. Die Einwirkungsdauer auf das Öl verkürzt sich auf 2 bis höchstens 4 Stunden.

Zur Ermittlung des Oxydationsgrades der geblasenen Öle, welche manchen Ölen zugesetzt werden (Marineöle), dient die Feststellung der Azetylzahl und der Gehalt an

5. Oxyfettsäuren. Die Azetylzahl gibt einen Anhalt für die im Öl vorhandenen Hydroxylgruppen, doch ist ihre Feststellung schwierig und dürfte wohl selten ausgeführt werden.

Bequemer ist dagegen die Abscheidung und Bestimmung der Oxysäuren nach der Methode von Fahrion. Oxysäuren sind im Gegensatz zu gewöhnlichen Fettsäuren in Petroläther unlöslich.

3 bis 5 g Öl werden mit alkoholischer Kalilauge verseift, nach dem Verseifen wird der Alkohol völlig verjagt, die Seife in ca. 50 bis 100 ccm Wasser gelöst und mit Salzsäure im Scheidetrichter zersetzt. Man schüttelt mit Petroläther aus, wobei die Oxysäuren ungelöst an den Wandungen des Scheidetrichters als braune bis schwarze klumpige Massen haften bleiben. Durch vorsichtiges Abgießen trennt man von der petrolätherischen

Lösung der übrigen Fettsäuren, wäscht noch mehrmals mit frischem Petroläther nach, löst sodann in heißem Alkohol, bringt in eine gewogene Schale, verdampft das Lösungsmittel und bringt die getrockneten Oxysäuren zur Wägung.

C. Die zusammengesetzten Schmiermittel.

Die unendliche Vielfältigkeit der Verwendung hat eine ebenso große Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Schmierstoffe zur Folge. In den allerwenigsten Fällen wird ein pures Mineralöl oder ein reines fettes Öl zur Schmierung verwendet. sondern aus der großen Zahl der vorhandenen Produkte wird eine noch größere Zahl von Mischungen und Kompositionen hergestellt und auf den Markt geworfen, von welcher jede einzelne den Ruhm in Anspruch nimmt, gerade für diesen besonderen Zweck die allergeeignetste zu sein. Es würde den Raum dieses Büchleins bei weitem übersteigen, wollte man auf die Unzahl aller dieser Produkte im einzelnen eingehen. Es können daher nur die einzelnen Gruppen, die nach Ursprung und Herstellungsart oder auch Verwendungszweck verschieden sind, in knappen Zügen geschildert werden. Und zwar teilt man ein:

a) Reine Mineralölmischungen.
b) Kompoundierte Öle.
c) Konsistente Fette und verwandte Produkte.
d) Wasserlösliche Schmiermittel (Bohröle und Textilöle).
e) Technische Vaseline und Lederfette.
f) Graphit, graphitierte Schmiermittel und solche mit Zusätzen anderer anorganischer Stoffe.
g) Ersatzschmierstoffe.

a) Reine Mineralölmischungen.

Um dem Käufer gegenüber den Anschein zu erwecken, ein besonders hervorragendes Öl zu verkaufen, wird vom Fabrikanten und Händler sehr oft eine Mischung der verschiedenen Öle vorgenommen. Zuweilen zwingen auch den Hersteller Mangel an einem gewünschten Öl von bestimmtem Typ, dieses durch eine Mischung aus gerade vorrätigen Beständen vorzunehmen. Es dient hierzu ein zylindrischer Kessel mit meist konischem Boden, welcher mit Heizschlangen und einem mechanischen Rührwerk, häufiger auch noch mit Luftleitung versehen ist, um

eine innige Mischung zu bewirken. Beispielsweise mischt man Rückstände mit dünnen Destillaten, um viskose Öle zu erhalten. Durch den Flammpunkt und die sog. Fettfleckprobe ist eine solche Mischung meist leicht zu erkennen. Der Flammpunkt wird durchweg niedriger sein, als ein Destillat von gleicher Viskosität normalerweise sonst aufweist. Die „Fettfleckprobe" wird in der Weise angestellt, daß man auf ein weißes Stück Filtrierpapier einen Tropfen Öl sich verteilen läßt und bei durchscheinendem Licht beobachtet. Sieht man ein klares durchscheinendes Bild, so liegt ein reines Destillat vor, beobachtet man jedoch schwarze Punkte, die über die ganze Fläche verteilt sind, so ist anzunehmen, daß ein Rückstandsprodukt im Öl gelöst wurde. In diesem finden sich infolge stellenweiser Überhitzung bei der Entstehung stets unlösliche kohlige Anteile, welche nachher als dunkle Punkte auf dem Papiere zu erkennen sind. Zuweilen werden auch paraffinöse Öle mit kältebeständigen vermischt, um einen tieferen Stockpunkt zu erzielen. Mischungen wesensfremder Öle, z. B. von Erdölen mit Steinkohlenteerölen oder Teerfettölen u. dgl., führen meist zur Abscheidung kohliger, unlöslicher Massen, welche sodann die Zuführungen zu den Schmierlagern verstopfen und auch die Schmierdochte zusetzen. In welcher Weise man derartige Zusätze von Teerölen usw. nachweisen kann, wurde bereits auf Seite 111 erläutert.

Auch reine fette Öle werden zuweilen als Mischungen in den Handel gebracht. Ein typisches Beispiel einer solchen Mischung ist das Torpedoschmieröl, welches aus hochkältebeständigem Knochenöl und Rüböl zusammengesetzt ist.

b) Unter kompoundierten Ölen

versteht man Mischungen von Mineralölen mit fetten Ölen, wie Olivenöl, Rüböl, Kottonöl, Tran, oder auch mit kondensierten Ölen, wie kondensiertem Tran, Rüböl usw. Hierzu rechnet man auch die Voltolöle.

Von der Erkenntnis ausgehend, daß fette Öle durchweg eine größere Schmierfähigkeit besitzen als die Mineralöle, und daß mit steigender Temperatur der Viskositätsabfall bei jenen weniger stark ist als bei diesen, fügt man den Mineralölen gewisse Prozentsätze fetten Öles zu, um eben damit die Schmierfähigkeit zu steigern. Nach den neuesten Untersuchungen sind es die freien Fettsäuren, welche eine gute Benetzbarkeit an der Metalloberfläche bewirken. Auch wenn eine gewisse Emulsions-

fähigkeit verlangt wird, wie bei Marineölen und Dampfzylinderölen usw., sind Zusätze von fettem Öl durchaus notwendig. Eingehend wird hierüber im folgenden Kapitel auf Seite 108 berichtet werden. Zu bedenken ist allerdings, daß die Glyzeride leicht größere Mengen Fettsäuren abspalten, welche dann die Lagermetalle angreifen und beschädigen können, doch kommen diese bei den geringen Mengen, welche meist zugesetzt werden, kaum in Frage. Als sicheres Ergebnis vieler Versuche kann gesagt werden, daß z. B. bei kompoundierten Zylinderölen, welche 3 bis 5% fettes Öl enthalten, man eine bedeutend bessere Schmierwirkung erzielt, als mit puren Mineralölen. Man glaubt auch beobachtet zu haben, daß diese Öle weniger zu Rückstandsbildung neigen. Die eigenartigen Verhältnisse bei der Schmierung der Zylinder, wobei nämlich bei der hin und her gehenden Bewegung des Kolbens im Zylinder ständig eine dünne Ölschicht von den Wandungen abgestreift wird, verlangt von den hierfür geeigneten Ölen eine möglichst große Adhäsionskraft. Nun ist durch mannigfache Versuche der verschiedensten Forscher festgestellt, daß ein gewisser, sehr geringer Prozentsatz freier Fettsäuren die Oberflächenspannung herabsetzt und die Adhäsionskraft von Öl am Metall vergrößert, so daß also ein beständiger Ölfilm erzeugt wird.

Die Untersuchung von kompoundierten Ölen erstreckt sich zunächst auf den Gehalt an fettem Öl und auf die Prüfung, welcher Art das fette Öl sei. Der Gehalt kann entweder durch Abscheidung des Unverseifbaren nach Spitz und Hönig festgestellt werden oder für annähernde Berechnung genügt die Bestimmung der Verseifungszahl unter der Annahme eines durchschnittlichen Verseifungswertes von 185 für fette Öle. Wird eine Feststellung verlangt, welche Art Öl zugesetzt wurde, so müssen die Fettsäuren abgeschieden und nach den vorerwähnten Methoden (s. Seite 51 ff.) der Charakter und die Art des Öles bestimmt werden.

c) Starrschmieren.

Die Starrschmiere, dieses ursprüngliche Schmiermaterial, welches noch vor der Einführung der Mineralöle im Gebrauch war — man stellte es her aus Talg, Palmöl und Unschlitt unter teilweiser Verseifung —, tauchte in den 80er Jahren erneut in ähnlicher Form auf dem Markte auf. Den Hauptvorzug, den man diesen halbfesten und salbenartigen Produkten, nämlich den konsistenten Fetten, auch Stauffer- oder Tovote-

fett genannt, zuschreibt, ist der sparsame Verbrauch gegenüber den flüssigen Schmiermaterialien, die saubere Handhabung sowie der Vorteil, nicht so häufig Substanz nachfüllen zu müssen. Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß die bedeutend größere innere Reibung des Schmiermittels auch einen bedeutend größeren Kraftverbrauch nach sich zieht. Es hängt nun also von dem jeweiligen Verwendungszweck ab, ob die Starrschmiere dem flüssigen Öl vorzuziehen ist. An schwer zugänglichen Maschinenteilen, an stehenden Wellen, an Zahnrädern und da, wo ein periodisches Ölen nicht angängig ist und wo auf die Sicherheit des Schmierens überhaupt größerer Wert gelegt werden muß als auf die Erzielung einer maximalen Reibungsverminderung, ist die Verwendung von Starrschmieren wohl berechtigt. Es ist festgestellt worden, daß beim Austausch von Öllagern in Schmierlager die Temperatur der Lager bedeutend über die Außentemperatur stieg, was also nichts weiter besagt, daß mehr Energie zur Überwindung des Reibungswiderstandes aufgewandt wurde.

Die Wirkung der konsistenten Schmiermittel muß man sich so vorstellen, daß bei Überwindung der Reibung zunächst eine Temperaturerhöhung eintritt, welche das Fett zum Erweichen bringt; hierdurch wird die Reibung nun wieder gemindert, es sinkt die Lagertemperatur und das Fett wird wieder fester und konsistenter. Durch die neueren Methoden der Schmiermittelherstellung, durch Auswahl der Rohstoffe sowie die Art der Fabrikation vermag man heute jegliche Konsistenz von der weichsten bis zur festesten herzustellen und somit den gewünschten Verwendungszwecken weitgehendst anzupassen. Auch sind die Maschinenfette viel gleichmäßiger, schlüpfriger und homogener, als die seinerzeit hergestellten Starrschmieren.

Eine Unterscheidung der großen Mannigfaltigkeit der konsistenten Schmiermittel ist außerordentlich schwierig. Am zweckmäßigsten dürfte die Einteilung nach Art der Herstellung und nach ihrer Verwendung sein.

1. Ganz allgemein gesprochen ist ein konsistentes Fett die Auflösung resp. die Aufquellung (Dispersion) irgendeiner Seife in einem Mineralöl oder in einem ihm verwandten Produkte. Als Seifengrundlage kann dienen: fettes Öl, Harz, Wachs, Wollfett und Montanwachs oder sonst irgendein verseifbarer Körper; als verseifendes Mittel: Alkalien oder Erdalkalien, und als Dispersionsmittel: Mineralöle verschiedenster Zähflüssigkeit, ebenso auch Teer, Teerfettöle und verwandte Produkte. Durch Kombination und Variation dieser Grund-

stoffe miteinander läßt sich die Unzahl der auf dem Markt befindlichen Artikel wie auch der Erfolg der konsistenten Schmierstoffe sehr wohl erklären; denn heute ist man tatsächlich in der Lage, für die verschiedensten Verwendungszwecke wirklich geeignete Produkte zu fabrizieren. Für Schmierzwecke, an die keine sehr hohen Anforderungen gestellt werden, dienen die Wagenfette. Diese sind aus Kalk, Harz, Harzöl und Mineralöl meist in der Kälte hergestellte Erzeugnisse, vielfach werden sie auch aus Montanwachs gemacht unter Zusatz von Rückständen, minderwertigen Destillaten, auch gereinigten Teerpechdestillaten, Naphthensäuren, Nadelholzteerpechen, Braunkohlenteer und Braunkohlengeneratorteerpech. Die letzterwähnten Stoffe werden meist zu minderwertigen Wagenschmieren verarbeitet. Zur weiteren Verbilligung werden noch allerhand Füllstoffe wie Schwerspat, Talkum, Kreide und Gips den Fetten einverleibt, wohingegen man zur Erhöhung der Schmierwirkung und für manche speziellen Zwecke Ruß und Graphit hinzusetzt.

Die besseren Schmierfette, Tovote- und Staufferfette, enthalten als Seifenbasis Rüböl, Kottonöl, Tran, auch Knochenöl und Talg. Die Verseifung dieser fetten Anteile geschieht meist in Verdünnung mit Mineralöl und die weitere Verteilung der Seife findet erst nach Beendigung der Verseifung statt. In einem separaten Gefäß wird dann das fertige Fett kaltgerührt, bis es die gewünschte Konsistenz angenommen hat. Es dienen hierzu besondere Rührapparate und Egalisiermaschinen, welche verhindern sollen, daß sich Knötchen und Klumpen bilden. Bei der Herstellung bleiben etwa 1 bis 4 % Wasser in der Masse zurück, welche eben bewirken, daß eine gleichmäßige Verteilung der Seife im Öl statthat und eine Trennung dieser beiden Komponenten verhindert wird. Bei zu niedrigem Wassergehalt tritt sehr leicht eine Abscheidung des Öls von der festen Seife ein. Ein zu hoher Wassergehalt veranlaßt ebenfalls eine leichte Scheidung der Emulsion und erzeugt sehr weiche, wenig widerstandsfähige Fette.

Der Gehalt der Seife ist schwankend je nach der Güte des Fettes von 10 bis 15 %; besonders hochwertige Fette, wie sie bei schwerbelasteten Lagern verwendet werden, können bis über 20 % fettes Öl enthalten. Zu Trägern der Seife werden meist Raffinate gewählt mit einer Viskosität von 2,5 bis 3° Engler bei 50°, zuweilen werden auch dünnere Spindelöle verarbeitet. Zur Erzielung eines schönen Aussehens färbt man mit öllöslichen Farben, meist buttergelb, oft auch rot, und zur

Verdeckung des Geruches parfümiert man mit Nitrobenzol oder Mirbanöl. Um der Farbe die nötige Grundierung zu verleihen, wird etwa 1 % Zinkweiß und, um dem Mineralöl den bläulichen Schein zu nehmen, Nitronaphthalin oder andere Entscheinungsmittel hinzugesetzt. Zur Verbilligung der Ware werden auch hier wie beim Wagenfett gewisse Füllmittel einverleibt. Graphitzusatz soll oft besonders zum Anschleifen neuer Lager oder zum Glätten alter und angegriffener gute Dienste leisten.

Für gewisse besondere Zwecke, beispielsweise für sehr heißlaufende und schwere Lager, sind die „Kalypsolfette“ erforderlich. Dieses sind auf der Basis von Natronseife auf direktem Feuer hergestellte Fette, die sich äußerlich durch ihre schwammartige und faserige Struktur und speziell durch ihren Schmelzpunkt auszeichnen. Eine Zwischenstellung nehmen die „Keystonefette“ ein, die sich durch große Festigkeit, hohen Schmelzpunkt und hohen Fettgehalt hervortun. Meist sind es kalkverseifte Fette, deren Herstellung von den Fabriken geheim gehalten wird.

2. Zur Schmierung der Walzenzapfen der Walzenstraßen sowie für ähnliche sehr heißlaufende und sehr stark belastete Lager dienen die Vaselinbriketts und die Walzenfettbriketts. Erstere sind nicht ausgerührte Fette auf Basis von Harz, Wollfett und Wollfettprodukten mit Natron verseift, sie werden in passende Riegel geschnitten und direkt auf die Walzenzapfen aufgelegt, wobei sie durch die strahlende Hitze und durch die Temperatur des Lagers zum Schmelzen gebracht werden und den Zapfen mit einer Schmierschicht überziehen. Die dunklen Walzenfettbriketts, welche aus den Destillations- und Raffinationsrückständen hergestellt und als verseifbare Anteile Montanwachs oder auch Wollwachs oder Stearinpech enthalten, werden in gleicher Form wie die Vaselinbriketts verbraucht. Man verlangt von ihnen hohen Schmelzpunkt, gute Schmierfähigkeit, nicht zu starke Emulsionsfähigkeit mit Wasser. Diese Forderung ist insofern von Wichtigkeit, da viele Walzen durch Aufspritzen von Wasser gekühlt werden, hierbei darf das Brikett nicht weggespült werden. Die Zusammensetzung dieser Art Produkte ist sehr mannigfaltig und ihre systematische Prüfung bisher noch nicht bearbeitet.

3. Außerdem gibt es noch eine ganze Reihe von fettartigen Artikeln, die für ganz spezielle Zwecke hergestellt werden. Zum Schmieren der Schiffsmaschinen beispielsweise verlangt man, daß die Fette mit Wasser gut emulgieren und eine rahmartige Schmierschicht bilden. Man verwendet hier die Kom-

poundfette, welche neben verseifbarem Neutralfett viel Alkaliseifen enthalten; sie sind von butterartiger Konsistenz.

Ganz andere Ansprüche wiederum stellt man an die Schmiermittel für Zahnräder, Zahnkränze und Kammräder. Das Fett ist hier großen Pressungen ausgesetzt, die Schmierstellen liegen offen und das Schmiermaterial soll nicht abgeschleudert werden. Solche Fette werden daher mit größeren Prozentsätzen Talkum oder Graphit versetzt und erhalten Harz- und Teerzusätze, um fest am Metall zu haften. Ähnliche Anforderungen stellt man an die Seilschmieren und Kettenschmieren. Hier ist der Zweck, vor Verschleiß und vor den Einflüssen der Witterung zu schützen. Saure Bestandteile, welche leicht ein Verrosten bewirken, müssen abwesend sein. die Zusammensetzung dieser Produkte ist außerordentlich wechselnd und verschieden. Meist enthalten sie Harz und Holzteer, daneben Destillationsrückstände, fettes Öl und Talkum.

Endlich sei noch erwähnt das Riemenfett, welches das Anhaften des Riemens an der Transmissionsscheibe bewirken soll und zugleich als Konservierung für das Leder dient. Hier soll also eine Erhöhung der Reibung bezweckt werden, weswegen bedeutende Zusätze an Harz und Wollfett gemacht werden. Zu hoch darf der Harzgehalt indessen nicht steigen, da sonst das Leder hart und brüchig wird und zerreißt. Man ist bestrebt, das Harz ganz zu eliminieren und nur durch Geschmeidigmachen des Riemens ein entsprechendes Adhärieren zu bewirken.

Stopfbüchsenfette sollen durch ausreichende Imprägnation der Dichtungslitzen und Dichtungsmassen einen guten Abschluß der Stopfbüchsen bewirken; meist sind es Kompositionen aus Talg, Wachs und Öl, welche Wasserundurchlässigkeit bewirken.

4. Entsprechend der großen Mannigfaltigkeit ihrer Zusammensetzung ist der Untersuchungsgang für diese Produkte naturgemäß äußerst kompliziert. Neben der äußeren Beschaffenheit, nämlich Prüfung einer gleichmäßigen Konsistenz, Abwesenheit fester körniger Bestandteile, Farbe und Zusätze, die zur Verbesserung des Geruches und des Aussehens zugesetzt sind, dürfte die Prüfung meist dahin gehen, den Gehalt und die Art der Fettgrundlage einerseits und die Menge und Qualität des Mineralöls andererseits festzustellen. Hinzu tritt die Bestimmung des Tropfpunktes, der Beschwerungsmittel und anderer Beimengungen.

Bestimmung des Tropfpunktes. Obwohl hiermit

keineswegs ein einwandfreies Kriterium für die Güte des Fettes gegeben ist, wird doch diese Festellung, da sie schnell zu machen ist, wohl zumeist zur Beurteilung des Fettes herangezogen. Der Fließpunkt und Tropfpunkt, wie er nach der Methode von Ubbelohde (s. Seite 92) bestimmt wird, läßt immerhin Schlüsse ziehen, ob das Fett auf die richtige Art und Weise fabriziert worden ist. Je höher der Tropfpunkt, um so wertvoller wird im allgemeinen das Fett erachtet. Ganz ohne Ausnahme ist diese Regel allerdings nicht, doch ist als sicherstehend anzunehmen, daß Tropfpunkt und Fließpunkt in engem Zusammenhang miteinander stehen und abhängig sind von der Dauer der Erhitzung, vom Wassergehalt, von der Menge der Seife und von der Qualität des Mineralöls, sowie von der Art des zur Seife verwendeten Fettes. Die gewöhnlichen Tovotefette zeigen einen Tropfpunkt zwischen 70—85^0, Walzenfette, Kalypsolfette und Heißlagerfette haben Tropfpunkte von 100^0 und weit darüber bis 150^0. Für gewöhnlich liegen Fließ- und Tropfpunkt nur wenige, ca. 5. Grade auseinander. Nur bei den höher schmelzenden Fetten kann das Intervall bedeutend größer werden. Nach Holde ist der Fließpunkt oder der beginnende Tropfpunkt von besonderer Wichtigkeit. Es wurde beobachtet, daß dieser Punkt sich viel mehr ändert als der Punkt des Abtropfens. Beispielsweise zeigen Fette, die mit einem dünnen Öl gekocht wurden, einen viel niedrigeren Tropfpunkt als solche mit viskoserem Öl. Über die Bestimmung als solche s. Seite 92. Bei sehr hochschmelzenden Fetten ist der Tropfpunkt oft schwer zu beobachten, da das Wasser herausdestilliert und das Fett sich als langer Faden zu Boden senkt.

Die Bestimmung des Wassers geschieht nach Marcusson mit Xylol (s. Seite 74).

Bestimmung der Asche. Zwecks Feststellung, ob das Fett irgendwelche Beschwerung enthält, muß man das Fett verbrennen und den Gehalt an nicht verbrennbarem Rückstand feststellen. Aus der qualitativen Untersuchung des Veraschungsrückstandes läßt sich auch ersehen, welche Art der Verseifung vorliegt, ob mit Kalk, Aluminium oder mit Alkali verseift wurde. Als Beschwerung findet sich meist Leichtspat, d. i. Gips, Schwerspat, ferner Talkum und Graphit.

Zur Wertbestimmung eines konsistenten Fettes kann auch die Feststellung des Seifengehaltes mit herangezogen werden. Zu diesem Zwecke verfährt man etwa wie folgt: 10 g des Fettes werden in Äther suspendiert und aufgeschlämmt, in einen Scheidetrichter übergeführt und mit Salzsäure kräftig

durchgeschüttelt. Die ätherische und die salzsaure Schicht müssen völlig klar sein. Bei Gegenwart etwaiger unlöslicher Bestandteile setzen sich diese meist zu Boden. Bei Anwesenheit von Farbstoffen (Anilinfarben) färbt sich die salzsaure Lösung oft rot. Die wäßrige Schicht wird noch mehrmals mit Äther ausgezogen und die vereinigten Ausschüttelungen mit Glaubersalzlösung oder mit destilliertem Wasser mineralsäurefrei gewaschen. Der Äther wird abdestilliert und der Rückstand als Gesamtfett — Mineralöl und Fettsäure — gewogen. Man löst sodann erneut in Äther-Alkohol 2 : 1 und titriert nach Zusatz von Phenolphtalein als Indikator mit n 2 Kalilauge. Auf Grund der gefundenen Säurezahl und unter der Annahme, daß zumeist Pflanzenöle mit einer Säurezahl von ca. 190 bis 200 verwendet werden, läßt sich der Gehalt an Fettsäuren, die zur Seifenbildung vorhanden, annähernd feststellen. Hierbei ist allerdings angenommen, daß sämtliche Fettsäure als Seife vorlag und daß keine freie Säure oder kein Neutralfett zugegen gewesen.

Azetonmethode. Sehr zweckmäßig und auch anwendbar auf Starrschmieren, welche mit Montanwachs und zähflüssigen Ölen, sowie Teerölen bereitet sind, ist die Seifenbestimmungsmethode nach Marcusson mittels kaltem oder siedendem Azeton[1]). Dieser Prüfungsvorgang beruht auf der Eigenschaft des Azetons, die öligen Bestandteile sowie das Wasser zu lösen, dagegen die Seife und die anorganischen Beimengungen ungelöst zu lassen. Während bei den normalen Tovotefetten die Behandlung in der Kälte ausreicht, muß man bei zähflüssigen, schwer löslichen Mineralölen und bei Fetten auf Basis von Montanwachs mit siedendem Azeton extrahieren. Zwecks Bindung des Wassers setzt man einige Körnchen festes Chlorkalzium hinzu, um die Löslichkeit des wasserhaltigen Azetons für Seife zurückzudrängen. — Nach dem Abfiltrieren der Azetonlösung verbleiben die ungelöste Seife und die anorganischen Beschwerungsmittel auf dem Filter. Durch Behandeln mit einem Gemisch von Benzin-Alkohol 8 : 2 geht die Seife in Lösung und kann auf diese Weise von den anorganischen Bestandteilen getrennt und bestimmt werden.

Schwieriger gestaltet sich die Untersuchung, wenn es sich um eine genaue Feststellung der Seifenbasis handelt, man also genau wissen will, welche Art Fett als Grundlage diente. In

[1]) Marcusson, Laboratoriumsbuch, S. 133. Chem.-Umschau. 20. 1913, S. 43. Petr. XVII, S. 818.

diesem Fall muß das Mineralöl quantitativ von der Seife getrennt werden (Methode von Spitz und Hönig). Aus der mit Säure zersetzten Seifenlösung werden die Fettsäuren abgeschieden, und durch Ermittlung der Kennzahlen identifiziert.

Mechanische Verunreinigungen, wie Holzteilchen, Sand, überschüssiger Kalk, sollen in einem guten Fett nicht zugegen sein. Die Konsistenz soll dem Verwendungszweck angepaßt sein. Klumpen oder Knötchen im Fett sind insofern schädlich, als sie die Zuleitungsröhrchen zu den Schmierstellen verstopfen. Ebenso wie ein Überschuß an freiem Kalk vermieden werden sollte, ist ein Gehalt an freien Fettsäuren untunlich, da diese eine Schädigung des Lagermetalls bewirken.

Die Prüfung der Vaselinebriketts und Walzenfettbriketts geschieht nach den gleichen eben beschriebenen Prinzipien. In den meisten Fällen wird eine praktische Erprobung nebenher zu gehen haben, wenn nicht gar vorzuziehen sein. So greift der Betriebsmann überhaupt oft zu Methoden, welche zwar keine wissenschaftliche Anerkennung gefunden haben, aber zur schnellen oberflächlichen Beurteilung wohl herangezogen werden können. Man läßt also einen kleinen, mit scharfen Kanten zugeschnittenen Block des Briketts langsam auf einem Blechdeckel schmelzen und beobachtet hierbei das Verhalten des Materials. Ein gutes Brikett soll nur an den Punkten, mit denen es die heiße Platte direkt berührt, wegschmelzen, während die übrige Form erhalten bleiben muß. Aus der Art des Schäumens und Spritzens kann man Schlüsse auf den Wassergehalt des Produktes ziehen. Ebenso läßt sich aus der Form der erkalteten Schmelze beurteilen, ob eine gute Verteilung zwischen Seife und Mineralöl stattgefunden hat. Ein sachgemäß gekochtes Fett soll nach dem Erkalten möglichst wenig Öl abscheiden und die Schmelze soll homogen sein. Aus der Höhe der Entfammungstemperatur läßt sich auf das verwendete Mineralöl schließen, und selbst wenn ein Teil der Substanz verbrannt ist, muß der verbleibende Rückstand sich noch schmierig anfühlen und nicht nur aus verkohlter Substanz bestehen. Bei einiger Erfahrung läßt sich auf diese Weise ebenso wie aus dem Verreiben zwischen den Fingerspitzen ein Urteil über die Qualität des Fettes gewinnen.

d) Bohröle und wasserlösliche Öle.

In der Werkzeugtechnik beim Fräsen, Bohren und Schneiden des Metalls verwendete man ursprünglich wäßrige Lösungen

von Schmierseife, auch Milch. Heute benutzt man hierfür die Gleitöle und wasserlöslichen Öle. Diese Flüssigkeiten haben den Zweck, bei dem schnellen und intensiven Bearbeiten des Metalls mit dem Werkzeug zwischen diese beiden eine Schicht zu bringen, die einerseits kühlt, andererseits bewirken soll, daß das Werkzeug über die Unebenheiten des Materials leicht und schnell hinweggleitet. Für sehr glatte Schnitte benutzt man Mineralöl oder besser die Mischung eines solchen mit Rüböl oder einem andern fetten Öl. Hierbei ist die Gleitwirkung allerdings bedeutend und das Material wird sich lange scharf erhalten, hingegen ist die Kühlwirkung geringer. Will man diese letzte Wirkung in den Vordergrund treten lassen, so muß man die eigentlichen Bohröle oder sogenannten wasserlöslichen Öle verwenden. Genau genommen sollte man nicht von wasserlöslichen, sondern mit Wasser emulgierbaren Ölen sprechen. Die Bohröle und verwandten Produkte bestehen aus einer Lösung einer Ammoniak- oder Alkaliseife in Mineralöl und enthalten neben Wasser auch geringe Mengen Alkohol, welche für die Erzielung einer guten, haltbaren Emulsion erforderlich sind. Der Gehalt an Fettbasis schwankt zwischen 5 bis 15%. Neben Olein, Rüböl und Tranfettsäuren werden Harzsäuren und andere flüssige Fettsäuren verarbeitet. Um das Emulgierungsvermögen zu steigern, werden vielfach Sulfofettsäuren sowie Sulfonaphthensäuren mitverwendet. Die Zahl der Patente auf die Herstellung wasserlöslicher Öle ist ungeheuer groß. Während des Krieges hat man zu allerhand Ersatzstoffen die Zuflucht genommen, hat aber hiermit meist wenig gute Erfahrungen gemacht. Verwendet wurden Lösungen von Zellstoffablaugen und Auflösungen von Pflanzenschleim, Karagheen- oder Isländisch Moos, auch Auflösungen von tierischem Leim wurden auf den Markt gebracht. Endlich sollen auch Lösungen von schwach alkalisch reagierenden Salzen mit recht gutem Erfolg angewendet worden sein. An eine gute Bohr- oder Gleitöllösung sind folgende Anforderungen zu stellen:

1. Zunächst soll die Lösung gut kühlen, Bohrer und Stück sollen sich nur wenig erhitzen. Wasser allein hat schon eine gute Kühlwirkung, doch zeigen Bohröle eine bessere Benetzbarkeit infolge ihrer geringeren Oberflächenspannung. Es findet also eine innigere Berührung zwischen Flüssigkeit und Metall statt, wodurch auch eine bessere Wärmeableitung erzielt wird.

2. Das Bohröl soll die Reibung möglichst vermindern, d. h. wo in dem Material kleine Sprünge und Unebenheiten auftreten, soll das Gleitöl dazu verhelfen, leicht über diese Un-

ebenheiten hinwegzuhelfen, ohne das zu bearbeitende Material zu beschädigen.

3. Die Bohröllösung soll kältebeständig sein.
4. Sie soll sich selber wenig verändern.
5. Sie darf das Metall nicht angreifen.

Bekanntlich rostet Eisen bei Zutritt von Luft und Wasser, zumal wenn dieses sauer reagiert, sehr leicht. Seifenlösungen reagieren alkalisch infolge hydrolytischer Spaltung. Bei der Untersuchung der oben benannten Öle ist also auf folgende Punkte bei der Prüfung zu achten.

Emulgierbarkeit in Wasser. Man setzt eine Lösung von Öl und Wasser an, und zwar im Verhältnis 1:10, rührt gut um und beobachtet die schnelle und gleichmäßige Verteilung auch der letzten Seifentröpfchen und sieht zu, wie lange die mehr oder weniger weiße bis graue Emulsion beständig bleibt. Nach Verlauf von zwei Stunden sollen sich noch keine Öltröpfchen abgeschieden und selbst nach 24 Stunden soll sich höchstens eine schwache Rahmschicht abgesetzt haben. Da häufig Ammoniakseifen vorliegen, so findet durch Verdunstung des flüchtigen Alkalis leicht eine geringfügige Zersetzung statt, und zwar unter dem Einfluß der Wärme oder infolge Hinzutretens von sauer reagierenden Stoffen. Zuweilen verflüchtigt sich auch ein Teil des Alkohols und es tritt hierdurch im Öl eine Entmischung der Seife und des Mineralöls ein. Man muß daher stets vor dem Gebrauch das Öl gut durchmischen. Oft kann ein scheinbar verdorbenes Öl durch einen geringen Zusatz von Ammoniak oder Sprit wieder brauchbar gemacht werden. Indessen ist hierbei Vorsicht am Platze, da ein Überschuß irgendeines der Reagentien leicht das ganze Öl verdirbt.

Rostschutzvermögen. Metallteile, die mit der Bohrölemulsion längere Zeit in Berührung gekommen, sollen nicht angegriffen werden und dürfen keinen Rost ansetzen. Zur Prüfung legt man das in Frage kommende Werkzeugmaterial in die zu untersuchende Lösung und beobachtet Gewichtsabnahme und Rostansatz.

Durch Zusatz von wasserlöslichem Öl wird der Erstarrungspunkt des Wassers erniedrigt. Eine 20%ige Lösung soll erst bei — 5° fest werden. Man kühlt im Reagensrohr 1 bis 4 Stunden auf die betreffende Temperatur ab und prüft den Erstarrungspunkt.

Zusammensetzung. Die Prüfung auf die einzelnen Bestandteile dürfte für den Betriebsmann kaum in Frage

kommen. Sie ist mitunter recht verzwickt. Zur Orientierung sei nur die Bestimmung folgender Substanzen angegeben: Ammoniak ist folgendermaßen zu erkennen: Erhitzt man das Öl mit Natronlauge, so geht Ammoniak flüchtig und ist durch die Geruchsprobe oder durch Bläuung des roten Lackmuspapiers leicht zu erkennen. Quantitativ läßt es sich durch Überdestillieren und Auffangen in n/2 Schwefelsäure und Titrieren des Säureüberschusses bestimmen.

Zur Feststellung des Seifengehaltes und der Seifenbasis schüttelt man etwa 10 g Öl mit 50%igem Alkohol aus. Die Lösung wird eingedampft und die verbleibende Seife kann gewogen werden (Seifengehalt). Zur Feststellung des Verseifungsmittels, ob Kali oder Natron, muß man die Seife mit Säure zersetzen und in der eingedampften wäßrigen Lösung das Metall identifizieren. Die verbleibenden Fettsäuren können sein:

1. Harzsäuren, zu erkennen an der Morawskischen Reaktion.
2. Fettschwefelsäuren, sie spalten beim Erhitzen mit Salzsäure Schwefelsäure ab, Fällung mit Bariumchlorid.
3. Naphthensäuren, lassen sich durch ihr Kupfersalz erkennen. welches in Benzin löslich ist.
4. Gewöhnliche Fettsäuren, erkenntlich am Geruch oder durch ihre Kennziffern zu identifizieren.

Die Gehaltsbestimmung an Fettsäuren und an Mineralöl geht in analoger Weise wie beim konsistenten Fett vor sich. Außer den Seifen können im Bohröl enthalten sein: Mineralöl, Teeröl, Neutralfett und freie Fettsäuren. Ihre Feststellung geschieht nach den bereits früher angegebenen Methoden.

Es verbleibt dann noch die Bestimmung der flüchtigen Bestandteile, wie Wasser, Alkohol und Benzin u. dgl. Wasser wird nach der Destillationsmethode von Marcusson mit Xylol bestimmt, s. S. 74. Alkohol bestimmt man ebenfalls durch Destillation von 50 bis 100 ccm des puren Öles, doch setzt man zweckmäßig etwas Kaliumbisulfat zu, wodurch die Seife zersetzt und das Schäumen vermieden wird. Qualitativ wird der Alkohol durch die Jodoformprobe erkannt, quantitativ durch Feststellung des spez. Gewichts bestimmt.

Benzin und ähnliche Zusätze werden mit Wasserdampf übergetrieben und im Destillat bestimmt. Vor der Destillation sind die Seifen durch Säuren zu zersetzen.

Sulfitpech und Zellstoffablaugen lassen sich meist am Geruch erkennen. Bei Zusatz von Säure scheiden sich

Lignin- resp. Huminsäuren ab, welche im Gegensatz zu Fettsäuren in Äther, Benzin und Benzol unlöslich sind. Beim Erhitzen des Niederschlags tritt tiefgreifende Zersetzung ein, unter Auftreten von Schwefeldioxyd. In der salzsauren Lösung ist meist Kalk nachweisbar, resp. bei Natronzellstofflaugen entweicht infolge Vorliegens von Schwefelnatrium beim Ansäuern Schwefelwasserstoff.

Pflanzenschleimlösungen sind in Alkohol unlöslich und werden hierdurch ausgefällt, ebenso wie durch Bleiazetat, während tierischer Leim beim Verbrennen einen eigenartigen Geruch verbreitet und beträchtliche Mengen Stickstoff enthält.

e) Technische Vaseline, Lederfett und ähnliche Produkte

sollen hier nur dem Namen nach erwähnt werden. Ihre Zusammensetzung ist so außerordentlich wechselnd und mannigfach, daß eine allgemeine Anweisung zu ihrer Untersuchung nicht gegeben werden kann. Es muß daher auf Spezialwerke hingewiesen werden (vgl. Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle). Meist handelt es sich um Mischungen fester und flüssiger Mineralölprodukte mit fetten Ölen und Wachsen, welche zuweilen verseift oder doch wenigstens teilweise verseift hinzugefügt werden.

f) Graphit und Graphitschmiermittel.

Mit dem Eintritt der Schmiermittelknappheit im Laufe des Krieges trachtete man danach, die zur Verfügung stehenden Schmiermittel durch geeignete Zusätze zu verbessern und ihren Wirkungswert zu erhöhen. Man griff hier zum Graphit, welcher schon früher, wenn auch in kleineren Umfange, zur Schmierung herangezogen worden war. Die damit gewonnene Bedeutung der Graphitschmiermittel verlangt eine etwas eingehendere Behandlung dieses Stoffes.

Graphit wird bergmännisch gewonnen. Es findet sich eingewachsen im Urgestein, wie Gneis, Glimmer und Granit. Seine Fundorte sind Passau in Bayern, ferner England, Amerika, Sibirien und als Hauptfundort die Insel Ceylon. Graphit ist eine kristallinische Modifikation des Kohlenstoffs, er kommt in den verschiedensten Formen in den Handel: als Flockengraphit, das sind große silbrig glänzende Kristallblättchen, als Schuppengraphit und als Pulvergraphit, auch gewöhnlicher Graphit genannt, und zwar in den verschiedensten Feinheitsgraden. In

jüngster Zeit ist es auch gelungen, Graphit in ein Kolloid überzuführen, d. h. ihn in so feiner Form zu verteilen, daß die Teilchen unter dem Mikroskop nicht mehr zu erkennen sind. Das bekannteste und beste Fabrikat dieser Art ist der Achesongraphit, auch Oildag genannt, sofern er in Öl verteilt ist. Das deutsche Verfahren von Karplus (D.R.P. 292729 und 293848) führt zu einem ganz ähnlichen Produkt, dem Kollag in öliger Verteilung, dem Aquadag in wäßriger Verteilung. Außerdem kommen noch eine ganze Reihe ähnlicher Produkte unter allen möglichen Phantasienamen in den Handel.

Für die Untersuchung der Graphite kommen folgende Gesichtspunkte in Frage: Handelt es sich um makroskopischen oder mikroskopischen Graphit, so ist neben der Beurteilung des Feinheitsgrades und des Gehaltes an Wasser vor allen Dingen der Aschengehalt für die Güte maßgebend. Größere Mengen quarzartiger, wie Schmirgel wirkende Beimengungen verursachen nämlich eine Korrosion von Lager und Welle und sind daher außerordentlich schädlich. Den Aschengehalt stellt man durch Verbrennen im Tiegel fest und untersucht den verbleibenden Rückstand auf Quarz. Der Aschengehalt der Graphite ist sehr wechselnd und schwankt zwischen wenigen bis über 60%.

Bei submikroskopischen Graphiten kommt es darauf an, festzustellen, ob tatsächlich die gelöste Form oder ob nur äußerst fein verteiltes Material vorliegt. Zu diesem Zweck verdünnt man die zu untersuchende Probe in der 300- bis 1000fachen Menge Benzol und beobachtet, in welcher Weise sich der Graphit nach längerem Stehen zu Boden setzt. Bei wirklich kolloidalem Graphit enthält der am Boden befindliche Satz nur äußerst wenig groben Graphit, der sich durch Aufwirbeln leicht in Benzol verteilt. Andernfalls kann man die am Boden abgelagerten Graphitschuppen beobachten. Bei einer guten Graphitölemulsion muß ein eingetauchtes Stückchen Filtrierpapier gleichmäßig Öl und Graphit aufsaugen, bei minderem Material wird nur das Öl durch die kapillare Wirkung heraufgezogen. Bei Gegenwart von Säure werden lösliche Graphite leicht ausgeflockt, was bei der Verdünnung der Präparate mit Öl speziell mit Destillaten zu beachten ist.

Über die Vor- und Nachteile der Graphitschmierung bestehen die weitgehendsten Meinungsverschiedenheiten, so daß es wirklich schwer fällt, hier ein klares Bild zu erlangen.

Als Vorteile werden folgende Umstände zumeist herangezogen: In Lagern, welche hohen Drucken ausgesetzt sind,

wird das Öl, zumal wenn es nicht zähflüssig genug ist, leicht herausgedrückt und die beiden Metallflächen laufen dann trocken aufeinander. Ist aber Graphit zugegen, so legen sich die feinen Graphitblättchen, welche sehr starken Drücken widerstehen, dazwischen und verhindern somit obigen Übelstand. Konsequenterweise folgt daraus, daß man selbst relativ leichte Öle bei Gegenwart von Graphit verwenden kann.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die feinen Graphitteilchen sich in die Unebenheiten und feinen Poren der Maschinenteile einlagern und dadurch das Metall vollkommen glätten und mit einer feinen Schicht überziehen, welche auch bei hohen Temperaturen nicht so leicht angegriffen wird. Dies ist besonders für die Zylinderschmierung und für die Schmierung schwerer und heißer Lager von Bedeutung. Sobald aber die glättende Wirkung erst einmal erreicht, ein Effekt, der beim Einlaufen neuer Lager und Wellen bewirkt werden soll, so ist von einer weiteren reibungsvermindernden Wirkung nicht mehr sehr viel zu erwarten.

Als Nachteile der Graphitschmierung werden folgende Umstände angeführt: Zunächst muß man vom Material verlangen, daß es vollkommen rein sei und daß keine schmirgelnden Bestandteile, wie Quarz, Glimmer u. dgl., darin enthalten sind. Die gewöhnlichen im Handel vorkommenden Graphite, nämlich Flocken- und Pudergraphit, sind meist nicht von der gewünschten Reinheit. Außerdem sind sie spezifisch schwerer als das Öl, so daß sie darin schnell zu Boden sinken. Dieser Umstand erfordert die Anbringung besonderer Schmierbehälter, in denen das Material ständig im Öl aufgewirbelt wird; andrerseits besteht die Gefahr, daß sich die Öler und ihre Zuleitungsrohre leicht zusetzen. Diesen letzten Übelstand hat man bei den öllöslichen Graphitsorten, Oildag, Kollag usw., zu umgehen verstanden. Jedoch ist hier die Wirkung, sehr starke Drucke auszuhalten, sehr herabgemindert, so daß speziell für solche Fälle die reibungsvermindernde Kraft dieser Produkte nicht so sehr in Frage kommen dürfte.

Somit ergibt sich also, daß in Fällen, wo ein Einlaufen der Lager erzielt werden soll, und bei großen Belastungen, ferner dort, wo das Öl nicht durch Tropföler und durch Umlaufschmierung der Schmierstelle zugeführt wird, z. B. für Ketten- und Ringschmierung, grober, aber gut gereinigter Graphit wohl verwendbar ist. Sehr gut geeignet ist er auch als Zusatz zu allen Arten konsistenter Fette, Briketts, Zahnradglätten u. dgl. Für schnellaufende, wenig belastete Zapfen

ist auch der feinpulverige sowie der kolloide Graphit von günstiger Wirkung. Bei der Schmierung der Zylinder von Dampfmaschinen kommt als Nachteil hinzu, daß der Abdampf und Zwischendampf, der nie völlig frei ist von Öl, den Graphit an der Heizfläche absetzt und den Wärmeaustausch verhindert. Auch läßt sich das graphithaltige Ablauföl nur schwierig reinigen.

Neben dem Graphit werden auch andere anorganische Substanzen zur Schmierung herangezogen. Diese müssen natürlich in feinster Form, am besten in kolloidem Zustande, zur Anwendung kommen, damit die Lager nicht beschädigt werden. In einigen, allerdings seltenen Fällen wird Ruß als Zusatz zum Schmieren gebraucht. Häufiger wird den konsistenten Fetten Talk oder Talkum einverleibt, speziell, wenn Reibung von Holz auf Holz überwunden werden soll. Talkum ist ein Magnesiumsilikat, welches sich weich und fettig anfühlt, es ist von weißer bis grünlichweißer Farbe und kommt in den verschiedensten Feinheitsgraden in den Handel. Es findet sich hauptsächlich als Talkschiefer in der Schweiz und in Tirol in den Salzburger Alpen. Besondere Prüfungsverfahren sind nicht in Gebrauch. sondern man begnügt sich mit der Untersuchung des Feinheitsgrades oder der praktischen Erprobung.

Als Beispiel eines kolloidalen anorganischen Schmierstoffes sei der Letteton erwähnt, welcher in einigen Orten Schlesiens zur Schmierung der Walzenlager verwendet wird. Es handelt sich hier um einen eisenhaltigen, stark wasserhaltigen Ton, welcher sich sehr schlüpfrig anfühlt; und für diese sehr groben Verwendungszwecke dürfte dieses Material ganz wohl brauchbar sein.

Ein ganz ähnliches Produkt scheint der von Rosenthal nach dem D.R.P. 315263 gewonnene Seeschlick darzustellen. Ein künstliches Schmiermittel, das auf dem gleichen Prinzip der kolloidalen Substanzform beruht, sind die Kalimineralfette. Diese von der Gewerkschaft Siegfried-Giesen bei Hannover hergestellten Fette werden aus den bei der Kalisalzproduktion abfallenden Magnesialaugen fabriziert, und zwar in der Weise, daß sie mit Kalkmilch umgesetzt werden. Das dabei sich bildende kolloidale Magnesiumhydroxyd wird mit Teerfettöl innig verrieben und es entstehen dabei dann Erzeugnisse, die den konsistenten Fetten sehr ähnlich sehen und in den verschiedensten Konsistenzformen hergestellt werden können. Für die untergeordneten Zwecke als Wagenfett sowie als Spritzfett sind sie durchaus verwendungsfähig.

g) Ersatzstoffe.

Neben diesem typischen Ersatzschmiermittel sind während des Krieges noch eine Unzahl anderer Ersatzschmierstoffe auf dem Markt aufgetaucht, von denen allerdings die meisten sehr bald wieder verschwunden sind. Teils der Kuriosität halber, teils weil doch noch hier und da einmal eines dieser Artikel im Handel sich zeigt, mögen einzelne von ihnen kurz aufgezählt werden.

Das Glyzerin, das bei der Fettspaltung in größeren Mengen gewonnen wird, kann nur bedingt hierzu gerechnet werden. Infolge seiner großen Viskosität und infolge seiner relativ großen chemischen Unveränderlichkeit könnte man es zwar als gutes Schmiermittel ansprechen — Fette, die aus Neutralfett gekocht sind, enthalten noch das gesamte Glyzerin —, jedoch der hohe Preis und seine Absatzmöglichkeiten auf anderen Gebieten werden wohl kaum je dazu führen, daß man es als Schmieröl in größeren Mengen verkauft. Bei Sauerstoff- und Kohlensäurekompressoren kommt es zur Anwendung. Auch ist zu beachten, daß es sehr hygroskopisch ist und infolge seines Wassergehaltes wird es die damit geschmierten Lager sehr bald zum Rosten bringen. Sehr häufig fanden sich dagegen die Glyzerinersatzmittel auf dem Markte, nämlich das Perglyzerin und das Perkaglyzerin. Es sind dies das Kali- resp. Natriumsalz der Milchsäure. Auch andere konzentrierte Salzlösungen wurden als Schmiermittel angeboten: Chlormagnesiumlösung als Zentrifugenöl, oder die gleiche Lösung in Verbindung mit eiweißhaltigen Stoffen als Schmierölersatz. Solche salzhaltigen Lösungen greifen natürlich die Lager sehr stark an, dieselben verrosten und durch das Verdampfen des Wassers scheiden sich Salze ab. Vielfach wurden Pflanzenschleimlösungen als Ölersatz und solche in Verbindung mit den Phenolen des Teers als Bohröle verkauft. Melasse und Melasseabwässer sollen zur Schmierung von Transmissionen und als Härteöle verwendungsfähig sein. 2%ige Lösungen von Dextrin dienten als Kühlöl, Auflösungen von Glyzerinpech in Lauge als Bohröl. Großen Erfolg versprach man sich von den Sulfitzelluloseablaugen, ein Abfallprodukt aus der Herstellung des Holzzellstoffes, das immer wieder in irgendeiner Form auf dem Markte als Schmiermittel oder Bohröl auftauchte. Als Wagenfett wurden anthrazenreiche Rückstände mit Gips beschwert angeboten. Wasserglaslösungen fanden auch Eingang als Putzöl und Bohröl. Aus der großen Zahl seien noch genannt:

Alkalisalze der Ligninsäure (D.R.P. 316028), einer aus dem Holz gewonnenen Säure; Alkalisalze der durch Blasen von Holzteer gewonnenen Produkte (Noerdlinger D.R.P. 167204). Nach dem D.R.P. 299691 soll man beim Behandeln von Teerölen mit Metallverbindungen zwecks Hydrierung Produkte erhalten, welche als Transformatorenöle geeignet sind.

Ist all diesen Produkten eine höchstens vorübergehende, durch die Not der Zeit bedingte Bedeutung beizumessen, so sind gewisse andere synthetische Produkte organischen Ursprungs geschaffen worden, welche möglicherweise gute Schmierwirkung besitzen, aber heute noch kaum die Konkurrenz mit dem verhältnismäßig billigen und unerschöpflichen Erdöl aushalten. Durch Kondensation einiger hochmolekularer Verbindungen hat man eine Reihe von Schmiermitteln darzustellen versucht. Friesenhahn D.R.P. 332909 gewinnt ein schmierölartiges Produkt aus hydrierten Phenolen und ihren Umwandlungsprodukten, z. B. aus Cyklohexanol oder deren Estern, van Heyden patentiert Phenolphosphorsäureester und Dikresylkarbonat D.R.P. 288488 und 302361. Durch Polymerisation hydrierten Naphthalins hat die Tetralin-Gesellschaft D.R.P. 309178 ein viskoses Produkt geschaffen, das als Schmieröl dienen soll.

Franz Fischer erhält beim Behandeln von Naphthalin mit Aluminiumchlorid bei 55° und 2 Atmosphären ein dickflüssiges Produkt, das, mit Teerölen vermischt, ein gutes Schmieröl darstellen soll[1].

Diese Aufzählung macht natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie soll nur zeigen, in welcher Richtung nach Ersatzstoffen gesucht wird.

Immerhin zeigt sich das Bestreben, von dem Erdöl unabhängig zu werden, und andere Stoffe, speziell die Abfallprodukte bei der Destillation der Kohle, wie das Naphthalin, für die Schmiermitteltechnik nutzbar zu machen.

[1]) Franz Fischer, Abhandl. z. Kenntnis d. Kohle.

III. Die technische Prüfung der Schmiermittel.

Über die Theorie der Reibung geschmierter Maschinenteile.

Bevor man über die Geeignetheit der einzelnen Schmiermittel sich ein Bild und eine Vorstellung machen kann, muß man sich zunächst über die theoretischen Grundlagen, die bei der Reibung der Maschinenteile und speziell der geschmierten Maschinenteile maßgebend sind, Klarheit verschaffen.

Die Reibung fester Körper aufeinander. Wenn zwei feste Körper aufeinander gleiten, so setzt sich der Bewegung ein Widerstand, eine Kraft entgegen, die dadurch hervorgerufen wird, daß die Unebenheiten, Vorsprünge und Vertiefungen ineinanderfassen, gegeneinanderstoßen und sich der Bewegung entgegenstellen. Es ist klar, daß die Reibung um so größer ist, je stärker der Druck ist, mit dem die Flächen aufeinandergepreßt werden. Gleichzeitig ist sie abhängig von dem Material und dessen Oberflächenbeschaffenheit. Dagegen ist sie nach der Erfahrung unabhängig von der Größe der Oberfläche. Diese Gesetzmäßigkeit wird ausgedrückt durch die Coulombsche Formel: $R = \mu \cdot N$, wobei R die Reibung, N die Normalkraft bedeutet, mit der die Flächen aufeinandergepreßt werden, und μ den Reibungskoeffizienten, der durch die jeweilige Materialbeschaffenheit bedingt ist. Diesen Reibungskoeffizienten kann man auf folgende Weise bestimmen: Legt man einen Körper aus dem zu untersuchenden Material auf eine schiefe Ebene und vergrößert die Neigung dieser so lange, bis die abwärtstreibende Kraftkomponente so stark anwächst, daß sie die Reibung überwindet, daß also der Körper in gleichförmige Bewegung übergeht, so ist die Tangente dieses als Ruhewinkel bezeichneten Winkels gleich dem Reibungskoeffizienten μ. Für Metall auf Metall ist dieser Wert 0,15 bis 0,25.

Unter Reibungsarbeit versteht man die Reibungskraft multipliziert mit dem Wege s, über den die Flächen übereinander hinweggeglitten sind, also $A = R \cdot s$. Die Reibungsarbeit, die auf diese Weise erzeugt wird, ist relativ groß und setzt sich in Wärme um, welche zum Warm- und Heißlaufen der

Lager führt; ein Umstand, der bis zur Zerstörung der betreffenden Maschinenteile führen kann.

Um also die Reibungsarbeit weitmöglichst zu verringern, versucht man, die Reibung der festen Körper aufeinander überzuführen in die innere Reibung flüssiger Körper. Zu diesem Zwecke bringt man eine geeignete Flüssigkeit zwischen die übereinandergleitenden Flächen, welche verhindern soll, daß die Oberfläche der Maschinenteile in direkte Berührung miteinander treten. Was ist nun unter einer geeigneten Flüssigkeit zu verstehen? Nicht jede Flüssigkeit ist als reibungsminderndes Medium anzusehen. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Eigenschaft der Kapillarität. Die Erscheinungen, die man unter dem Namen Kapillarität zusammenfaßt, werden hervorgerufen durch die Wirkung der Adhäsion und Kohäsion. Jene Flüssigkeiten, bei denen die kohäsiven Kräfte größer sind als die adhärierenden, zeigen das Bestreben, sich zu Gebilden mit möglichst kleiner Oberfläche zusammenzuziehen, und man spricht von nicht benetzenden Flüssigkeiten. Sind dagegen die Adhäsionskräfte groß gegenüber den zusammenhaltenden Kräften, die in der Oberflächenspannung zum Ausdruck kommen, so hat man es mit einer benetzenden Flüssigkeit zu tun. Wollte man beispielsweise Quecksilber als Schmiermittel verwenden, so wird es infolge seiner mangelhaften Benetzungsfähigkeit sich bemühen, aus den engsten Stellen zwischen den zu schmierenden Flächen herauszuschlüpfen und dafür Luft hereinzulassen. Man wüßte also nie, ob zwischen Lager und Schale genügend Schmierstoff vorhanden ist. Anders bei den gut netzenden Flüssigkeiten, wie es das Öl darstellt. Hier besteht die Neigung infolge der geringen Oberflächenspannung des Öles, sich in die feinsten Zwischenräume hineinzuziehen, und diese kapillare Kraft ist so groß, daß sie die Berührung der beiden Flächen verhindert, da diese völlig mit Öl überzogen sind. Mineralöl und fettes Öl zeigen diese Eigenschaft in ganz besonders hohem Maße, sie sind daher für die Schmierung hervorragend geeignet. Indessen auch Wasser könnte als Schmierstoff verwendet werden, wenn man durch sehr sorgfältiges Entfetten der Maschinenteile dafür sorgen würde, daß tatsächlich vollkommene Benetzung eintritt. Bei hölzernen Rührwerken verwendet man z. B. Lager, die aus Bockholz bestehen und durch das umgebende Wasser resp. die wäßrige Lösung geschmiert werden. — Im Gegensatz zu der trockenen Reibung der festen Körper aufeinander tritt bei Gegenwart eines flüssigen Schmiermittels nun die innere Reibung der Flüssigkeit in den Vordergrund. Inwieweit noch

andere Kräfte mitspielen, wird später erörtert werden. Wenn man also über die Lagerreibung Kenntnisse erlangen will, muß man zunächst die innere Reibung der Flüssigkeiten erforschen. In einer grundlegenden Arbeit „Neue Theorie der Reibung“, Hamburg 1888, hat Petroff festgestellt, daß für die Reibung rotierender und gleitender Körper, wie sie bei der Bewegung einer Welle im Lager, eines Kreuzstückes auf einer Unterlage vorliegen, die innere Reibung der Flüssigkeit maßgebend sei. Zurückgehend auf eine von Newton aufgestellte Formel über die innerhalb einer bewegten Flüssigkeit auftretenden Reibung leitet Petroff für den von ihm herangezogenen Spezialfall folgende Formel für die Reibungskraft ab:

$$R = \mu \cdot \frac{f \cdot v}{d}.$$

Hierin bedeutet f die mit Öl benetzte Fläche, v die Geschwindigkeit, mit der die beiden Flächen sich übereinander hinwegbewegen, und d der Abstand der Flächen, in diesem Fall die Dicke der Schmierschicht, μ bedeutet die absolute Zähigkeit der schmierenden Flüssigkeit. Mithin ist also die Reibung direkt abhängig von der Geschwindigkeit und von der Oberfläche der bewegten Flächen, sowie von der Zähigkeit des schmierenden Mediums, eine Größe, welche bereits bei der Bestimmung der Viskosität erörtert wurde, wo auf die Abhängigkeit von μ und Englergrad eingegangen worden ist. Sie ist umgekehrt proportional der Dicke der Schmierschicht. Eine reibungserzeugende Kraft, die dadurch auftritt, daß die Flüssigkeit an dem festen Metall sich reibt, existiert nicht. Es ist nämlich durch Versuche festgestellt, daß die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und dem festen Körper so stark sind, daß an der Berührungsfläche ein fest anhaftender Film gebildet wird.

Die Erkenntnis, daß für die Reibung in den Maschinenlagern einzig und allein die Zähigkeit des Öles maßgebend sei, wird von sehr vielen Forschern bestritten. Es existieren vielmehr die verschiedensten Anschauungen über gewisse dem Öle innewohnende Eigenschaften, wie Schmierfähigkeit, Schlüpfrigkeit, Adhäsionskraft, Schmierschicht haltende Kraft u. dgl., welche aber durchweg viel zu ungenau definiert sind, als daß man aus ihnen wissenschaftlich-physikalische Werte ableiten könnte. Immer wieder taucht der Begriff der äußeren Reibung auf, die aber von Ubbelohde durch vielfache Versuche als nicht vorhanden erwiesen wurde. In sehr vielen

Fällen besteht auch große Unklarheit darüber, was die einzelnen Forscher unter Benetzbarkeit, Oberflächenspannung und innerer Reibung verstanden wissen wollen.

Die oben angegebene Formel von Petroff gilt nun keineswegs ohne Einschränkung, es spielen vielmehr eine ganze Reihe von Faktoren mit, welche die theoretisch richtige Formel noch wesentlich modifizieren. Zunächst ist es praktisch unmöglich, Zapfen und Lager mathematisch genau zu zentrieren, nach einiger Zeit laufen die Lager aus und die auf ihnen wirkenden Kräfte bewirken Verschiebungen und Verbiegungen. auch ändert sich die Formel, ob ganz oder halb umschließende Lager vorliegen; endlich sind auch die Zahl. die Größe und Lage der Schmiernuten von wesentlichem Einfluß. Aus alledem ergibt sich, daß die Ableitung einer wirklich brauchbaren Formel außerordentlich schwierig ist, und eine große Anzahl von Forschern haben sich bemüht, in dieses Gebiet Klarheit zu bringen. Zu nennen sind hier die Arbeiten von Raleigh und Stokes sowie die praktischen Versuche von Striebeck. niedergelegt in der Schrift „Die wesentlichen Eigenschaften der Gleit- und Rollenlager"[1]), dessen Resultate dann Sommerfeld[2]) veranlaßten, die darin enthaltenen Ergebnisse in einer allgemeinen Formel festzulegen. Endlich hat auch Ubbelohde[3]) in einer sehr detaillierten Arbeit das bereits oben erwähnte Ergebnis festgestellt, nämlich, daß alle spezifischen Eigenschaften, die die anderen Forscher noch forderten, wie die Schlüpfrigkeit usw., auf die spezifische Zähigkeit zurückgeführt werden können, und daß die mangelnde Übereinstimmung von den experimentell gefundenen Werten mit den theoretisch errechneten, welche zu obiger Annahme wohl berechtigten, auf andere Gründe zurückgeführt werden können, wie auf Übersehen kleinster Fehlerquellen bei der Durchbildung der technischen Versuchsanordnung. Aus dem Ubbelohdeschen Versuche war der Schluß zu ziehen, daß, wenn die spezifischen Zähigkeiten der allerverschiedensten Öle, ob russisch, rumänisch oder amerikanisch, ob destilliert oder raffiniert, völlig übereinstimmten, auch die Reibungswerte gleich sein müssen, daß es demnach falsch ist, die reibungsvermindernde Kraft irgendeines Öles nach Provenienz oder Herstellungsart zu bemessen, und es erübrigen sich Versuche an der Maschine, wenn man die Zähigkeit kennt. Im rein dynamischen Sinne ist also nach Ubbelohde die Viskosität des Öles

---

[1]) Striebeck, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 46, 1902, S. 341.
[2]) Sommerfeld, Zeitschr. f. Math. u. Phys. 1904, S. 97.
[3]) Ubbelohde, Petr. 7, 1911/1912, S. 773ff.

von ausschlaggebender Bedeutung. Damit ist nun keineswegs gesagt, daß es ganz gleichgültig sei, die übrigen Eigenarten der Öle außer acht zu lassen. Bekanntlich spielen die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Schmiermittel für die Verwendungsfähigkeit eine bedeutsame Rolle, und der spezielle Verwendungszweck ist von bestimmendem Einfluß, ob man Raffinat, Destillat oder ein Rückstandsöl wählen soll. Die Güte des Öles darf neben dem dynamischen Wert nicht vergessen werden.

Aus dem Reibungswert allein ist aber nun auch bei sonst ganz gleichen Eigenschaften die Brauchbarkeit des Öles keineswegs bestimmbar. Es würden hiernach die Öle die besten sein, welche die geringste innere Reibung besitzen, mithin die dünnsten oder am wenigsten viskosen, weil sie der Bewegung den geringsten Widerstand entgegensetzen. Hierzu ist zu bemerken, daß nach Petroff auch Druck und Geschwindigkeit maßgebend sind, so daß sehr dünne Öle dem Lagerdruck nicht widerstehen werden und dann die halbflüssige Reibung auftreten wird. Unter sonst gleichen Bedingungen müssen Öle mit um so größerer Zähigkeit zur Verwendung kommen, je größer der Lagerdruck und je geringer die Geschwindigkeit der zu schmierenden Flächen ist. Beachtet man diese Bedingungen nicht, so müßte man bei sehr dünnem Öl sehr große Mengen dem Lager zuführen, man hätte also einen sehr großen Verbrauch an Schmiermaterial, d. h. die Kosten für die Reibungsverminderung wären sehr groß. Verwendet man hinwiederum ein Öl mit zu großer innerer Reibung, hoher Viskosität, so sinkt zwar der Verbrauch, hingegen bedarf es zur Überwindung des Reibungswiderstandes einer größeren Kraft oder mehr Energie. Welcher Weg dabei der wirtschaftlichere ist, läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden.

Man hat zur Ermittlung dieser Verhältnisse eine große Reihe von Ölprüfmaschinen der verschiedensten Art konstruiert, um an Hand dieser das günstigste Verhältnis zwischen Reibungsverminderung, Kraftersparnis und Schmiermittelverbrauch ausfindig zu machen. Eine Beschreibung der einzelnen Maschinen muß hier unterbleiben, doch sei auf das Prinzipielle aller dieser Maschinen hingewiesen. Nach den theoretisch abgeleiteten Formeln hängt der Reibungskoeffizient bekanntlich ab vom Flächendruck, von der Geschwindigkeit der rotierenden Welle, von der Temperatur und von der Dicke der Schmierschicht. Ferner haben Lager- und Zapfenmetall ihren Einfluß, speziell ihr Bearbeitungszustand, und dann die Differenz der Radien

von Lagerschale und Zapfen. Das Wesen der Ölprüfmaschinen ist es nun, durch Messung obiger Größen die Reibungskoeffizienten, d. i. den auf die Einheit des Druckes und der Geschwindigkeit reduzierten Reibungswiderstand, zu ermitteln. Man versucht bei den Prüfmaschinen den sich in der Praxis vorfindenden Verhältnissen möglichst zu nähern. Notwendig sind ein Thermometer zur Ermittlung der Lagertemperatur, eine Vorrichtung zum Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle und zum Variieren und Beurteilen der Lagerbelastung. sowie die Messung der Leistung, also des Wattverbrauchs bei elektrodynamischem Antrieb. Der Wattverbrauch gibt dann ein Maß für die Größe der Reibung. Die Konstruktion der Maschinen im einzelnen weicht so beträchtlich voneinander ab, und auch die durch sie gegebenen Verhältnisse differieren so stark von denen in der Praxis sich findenden wirklichen Verhältnissen, daß man weder die Werte der einzelnen Maschinen untereinander, noch die auf ihnen gefundenen mit denen der Praxis vergleichen darf. Wohl aber ist man imstande, an ein und derselben Maschine vergleichende Versuche anzustellen, z. B. den Einfluß gewisser Zusätze, wie fettes Öl oder von Graphit. zum Mineralöl zu untersuchen. Es sind, wie bereits erwähnt. Form der Lager, Größe der Zwischenräume, Anordnung der Schmiernuten von bedeutendem Einfluß. Allen diesen Bedingungen können die Ölprüfmaschinen nicht gerecht werden. Bei der Martens-Maschine, welche am Materialprüfungsamt verwendet wird, berühren sich Zapfen und Lager nur mit drei schmalen Stegen. Bei einigen Maschinen läßt man ebene Flächen aufeinanderreiben, wo doch in Wirklichkeit meist gewölbte Flächen übereinander gleiten. Spurlager werden bei den Maschinen der Ossag, von Fein-Kapff[1]), Kirsch und Hoffmann verwendet. Ein im Ölbad kreisendes Flügelrad. verwendet von Wilkens[2]) und Dettmar[3]) arbeitet wiederum mit nicht gleichbleibender Geschwindigkeit. In mancher Beziehung den praktischen Bedingungen angepaßt ist die Ossagmaschine der Ölwerke Stern-Sonneborn[4]), da es mit ihr möglich ist, die Öle bei den verschiedensten Drücken und Geschwindigkeiten (bis zu 50 kg pro cm^2 bei 1500 Umdrehungen in der Minute) und bis zu Temperaturen von 300^0 und darüber zu prüfen. Die Maschine soll Aufschluß über die

---

1) Fein-Kapff, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 536.
2) Wilkens, Elekt.-techn. Zeitschr. 1904, H. 7.
3) Dettmar, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1162.
4) Wendt, Ebenda 1909, S. 515.

Ergiebigkeit der Versuchsöle geben, sowie auch über die Zersetzlichkeit von Zylinderölen im Dampfstrom. Zu diesem Zweck ist mit der Maschine ein kleiner Dampfkessel mit Überhitzer verbunden, welcher Dampf bis 25 Atmosphären Druck und einer Überhitzung bis zu 340° erzeugt. Zylinderöle werden auf dieser Maschine zwischen zwei sauber aufeinander geschliffenen Körpern verrieben, Lageröle auf einen Zapfen gebracht, der durch Mitnahme eines beweglichen Zapfens seine Bewegung vermittels einer geeichten Spiralfeder und eines Hebels auf einen Schreibstift überträgt, welcher dann auf einem sich abwickelnden Papierstreifen die für das Öl charakteristische sog. Wendtsche Wertkurve aufzeichnet. Nach Ansicht von Ubbelohde können die Ölprüfmaschinen nur insofern von Wert sein, als man bei bekannter Lagerform, Geschwindigkeit, Druck usw. ein solches Öl durch Probieren sucht, welches in seiner Schmierwirkung ein Optimum zeigt. Jedoch läßt sich dieses nur durch systematische Reihenversuche bewerkstelligen. Auch die Abhängigkeit der Zähigkeit von der Temperatur kann auf diesen Maschinen geprüft werden und dadurch ein Wertmaß für die Güte des Öles gewonnen werden. Dasjenige Schmieröl wird das beste sein, welches sich in den weitesten Betriebsgrenzen den Anforderungen des Lagers anpaßt, d. h. bei welchem die Veränderlichkeit der Zähigkeit mit der Temperatur am geringsten ist und bei welchem die Zähigkeit bei niedriger Temperatur so niedrig wie möglich, bei hoher Temperatur so hoch wie möglich ist. Beispielsweise ist laut beigefügter Tabelle das Olivenöl das bessere Öl.

t	20°	30°	40°	50°
Mineralöl . $\eta =$	0,0390	0,0173	0,0097	0,0061
Olivenöl . . $\eta =$	0,0261	0,0230	0,0204	0,0181

So einleuchtend nun auch die Theorie von Ubbelohde ist, daß nur die Zähigkeit des Öles von Einfluß sei, so haben gewisse Versuche der Praxis dieser Theorie bisher nicht recht gegeben. Ja selbst für die modifizierten sehr subtil ausgearbeiteten Formeln von Gümbel waren immer noch Unstimmigkeiten mit der Praxis nachzuweisen. Gümbel[1]) hat statt des Zähigkeitsfaktors den Begriff des Schubmoduls eingeführt, welcher bei der flüssigen Reibung mit der spezifischen Zähigkeit identisch ist,

[1]) Gümbel, Monatsbl. d. Berliner Bez.-Ver. d. Ing. 1914, S. 87: Der Widerstand geschmierter Flächen. Verlag Jul. Springer, Berlin.

aber für die von ihm beschriebene halbtrockene und halbflüssige Reibung besonders definiert werden muß. Bei der Ableitung und der Diskussion seiner Formeln geht Gümbel speziell auf die Art der Lagerschalen, Lage des Ölzuflusses usw. ein, sowie auf die Abhängigkeiten von Druck und Geschwindigkeit und Temperatur. Weiterhin gibt er auch an, daß die für die Lagerreibung abgeleiteten Werte unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse auch für die Reibung sonstiger Maschinenteile sich anwenden lassen. Er hat hier wichtige Beziehungen entdeckt, auf die aber im einzelnen nicht eingegangen werden kann.

Aus der Englerviskosität resp. aus der absoluten Zähigkeit Rückschlüsse auf die Leistungsersparnisse zu ziehen, ist durchaus unzulässig, denn zwischen diesen beiden Größen besteht kein direkter Zusammenhang oder gar eine Übereinstimmung. Man hat nämlich zu unterscheiden zwischen dem dynamischen Wert und dem Gebrauchswert.

Die Versuche von Schlesinger und Kurrein[1]), welche die Öle auf der Drehbank ausprobierten, haben gezeigt, daß gewisse kompoundierte und behandelte Öle, speziell das „Voltolöl" gänzlich aus dem Rahmen der von der Theorie von Ubbelohde geforderten Werte herausfallen. Schlesinger hat nämlich durch sehr zahlreiche Versuche am Spindelstock einer Schnelldrehbank festgestellt, daß zwei Öle von der gleichen Zähigkeit nicht wie es die Theorie fordert, gleichen Kraftverbrauch haben, sondern daß z. B. ein Voltolöl wesentlich sparsamer — im Leerlauf 25 bis 30%, bei Belastung 10 bis 15% Ersparnis — und günstiger schmiert, als ein pures Mineralöl. Zu dem gleichen Resultat ist Biehl[2]) in seiner Arbeit: Die Reibung in Gleitlagern gekommen. Auch bei seinen Versuchen ergaben die Voltolöle ganz andere Ergebnisse bezüglich Reibungskurve und Abhängigkeit von der Temperatur, Umlaufzahl usw. als gewöhnliche Mineralöle. Der wahre Grund hierfür konnte bisher noch nicht festgestellt werden. Die Annahme einer besonderen spezifischen „Schlüpfrigkeit" ist indes solange abzulehnen, als dieser Wert nicht irgendwie zahlenmäßig festgestellt oder definiert werden kann. Somit zeigt sich, daß das Gebiet der technischen Ölprüfung noch bei weitem nicht erschöpft ist, und daß noch mancher Schritt gegangen werden muß, bis hier völlige Klarheit geschaffen ist.

[1]) Schlesinger u. Kurrein, Werkstatt-Technik 1916, S. 1 ff.
[2]) Biehl, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1920, S. 449.

Auf den Einfluß der bereits eingangs erwähnten kapillaren Kräfte auf das Eindringen des Öles in die feinen Räume zwischen Lager und Schale und auf die Ausbreitung und Beständigkeit des Ölfilms, wie es für die Schmierung von Zylindern von Wichtigkeit ist, hat man schon von jeher seine Aufmerksamkeit gerichtet. Schon lange hat man die Beobachtung gemacht, daß manche viskose Flüssigkeiten, Melasse, Zellstofflaugen usw. infolge ihrer zu großen Oberflächenspannung keinen Schmierwert besitzen. Auch Steinkohlenöle und besonders Anthrazenöle sind von minderer Wirksamkeit als die fetten Öle und Mineralöle, sie bilden sog. Pfützen auf der Metallfläche, und man muß demzufolge große Sorgfalt bei der Verwendung dieser Schmieröle beachten. Zusatz von Petrolpech zu den Teerölen verringert die Oberflächenspannung und macht solche Öle besser für die Schmierung geeignet.

Diese Erscheinungen und Tatsachen veranlaßten verschiedene Forscher, den hier vorliegenden Gesetzmäßigkeiten auf den Grund zu gehen. Noch andere Erfahrungen aus der Praxis machen die Annahme, daß Öle mit möglichst geringer Oberflächenspannung resp. kleinem Randwinkel für die Schmierung besonders geeignet sind, wahrscheinlich. Naphthenreiche russische Öle schmieren bekanntlich wirksamer als die paraffinösen amerikanischen Öle. Es wurde beobachtet, daß kompoundierte Zylinderöle mit einem Zusatz von wenigen Prozenten freier Fettsäure sehr viel besser schmieren als pure Mineralöle, und bei den Marineölen, denen man bisher zur Erzielung eines gut haftenden Ölfilms auch bei Zutritt von Seewasser große Mengen (25%) geblasenes Rüböl zugesetzt hatte, soll man die gleiche Wirkung mit nur 2% freier Fettsäure erzielen[1]. Als Ergänzung hierzu möge die wissenschaftlich korrekt durchgeführte Arbeit von Bethnagar und Garner[2] Erwähnung finden, welche Versuche anstellten, um die Oberflächenspannung zwischen Paraffinöl und Quecksilber festzustellen und dabei beobachteten, daß ein Zusatz von organischen Säuren die Oberflächenspannung stark herunterdrückt, womit eine Verbesserung der Schmierwirkung parallel geht. Wissenschaftliche Betrachtungen über diese Erscheinungen stammen auch von Holde und Singalowsky[3]. Diese bestimmten aus dem Tropfengewicht die Oberflächenspannung und fanden mit den in der Praxis gefundenen Werten eine gute Übereinstimmung. In anderer Rich-

[1] Wells und Southcombe, U. 1919, S. 141; 1920, S. 53.
[2] Bethnagar und Garner, U. 1921, S. 70.
[3] Holde u. Singalowsky, Ztschr. f. ang. Chem. 1920, S. 267, 290.

tung wurden diese Forschungen auf Veranlassung von Duffing, von v. Dallwitz-Wegner fortgeführt und die Resultate in der Schrift „Über neue Wege zur Untersuchung von Schmiermitteln (München-Berlin, Verlag R. Oldenbourg 1919) niedergelegt.

In allen vorher genannten Arbeiten zur Ermittlung des Reibungseffektes von Schmiermitteln war die Frage die gewesen, zu erfahren: welches Schmiermittel muß ich für ein bestimmtes Lager oder einen bestimmten Maschinenteil erwählen, damit ich die größtmöglichste Reibungsverminderung, d. h. Kraftersparnis erziele? Anders aber stellen die obigen Verfasser die Frage. Nach ihnen ist es wichtig, zu wissen, welches Öl am ergiebigsten sei. Unter Schmierergiebigkeit verstehen sie das notwendige Minimum an Schmierstoffmenge, um an dem Maschinenteil eine ausreichende, d. h. maximale Schmierwirkung zu erreichen. Bei ihren Untersuchungen haben sie das Verhältnis füs zwei Öle von sonst gleichen Daten festzustellen gesucht. Dieser Wert spielt allerdings für die Lagerreibung keine so große Rolle, da besonders bei der Umlaufschmierung kaum nennenswerte Ölmengen verloren gehen, ist aber von Wichtigkeit für die Zylinderölschmierung. Nach Duffing und v. Dallwitz hängt die Ergiebigkeit von den den Ölen eigentümlichen kapillaren Kräften ab, welche das Adhärieren an den Gleitflächen bewirken und die Ausbildung eines möglichst dünnen und haltbaren Ölfilms bedingen. Je feiner dieser Ölfilm, um so weniger wird jeweils von den gleitenden Maschinenteilen an Material abgeschoben[1]). Durch die Messung der kapillaren Kräfte, d. h. Messung des Randwinkels, Aufstieg zwischen zwei metallenen Platten und Abreißhöhe eines Ölfilms, glauben die Forscher leicht bestimmbare Zahlenwerte gefunden zu haben. um aus ihnen die Ergiebigkeit, d. h. den Wert des Öles ermitteln zu können.

Da die Versuche nur auf eine ganz kleine Anzahl von Ölen ausgedehnt worden sind und die Ergebnisse ebenfalls sehr variieren, so kann von einer praktischen Erprobung dieser einigermaßen komplizierten Theorie vorerst noch nicht gesprochen werden [2]).

---

[1]) Die Eigenart des Materials, d. h. die Qualität des Lagermetalls, ist unter den hier gemachten Voraussetzungen von ausschlaggebender Bedeutung, denn die Größe der adhärierenden Ölschicht ist auch von der Unterlage bestimmt.

[2]) Weitere Ausführungen und Literatur hierüber siehe: v. Dallwitz-Wegner, Petrol. 1921, XVII, S. 851ff.

Es muß nun auf den Unterschied zwischen Lagerschmierung, d. h. die Schmierung rotierender und gleitender Maschinenteile, unter normalen äußeren Bedingungen und der davon prinzipiell verschiedenen Schmierung in Zylinderkolben hingewiesen werden.

Während bei der Lagerschmierung gewissermaßen zwischen Lager und Welle oder zwischen Kreuzkopf und Unterlage zur Hauptsache die dynamischen Kräfte, welche ihren Ausdruck in der Zähigkeit oder Viskosität finden, zum Ausdruck kommen, treten bei der Zylinderölschmierung die kapillaren Kräfte, das Adhäsionsvermögen, stark in den Vordergrund. Im ersten Fall handelt es sich darum, für die in Frage stehende Schmierstelle ein Öl mit geeigneter Viskosität zu finden. Die Größe des Drucks, die Geschwindigkeit der Bewegung sind bestimmend für die Wahl. Bei den Dampfzylindern dagegen ist zwar die Zähflüssigkeit insofern maßgebend, als bei hier wirksamen Drucken, Geschwindigkeiten und Temperaturen das Öl genügen muß, indessen ist ein weiteres Haupterfordernis, daß die Adhäsionskraft groß genug ist, um einen festanhaftenden genügend dicken und widerstandsfähigen Ölfilm zu erhalten. Der hinzutretende heiße oder gar überhitzte Dampf bewirkt infolge seiner sehr hohen Temperatur und seiner chemischen Eigenart ein leichtes Zerstören der Schmierschicht. Je besser ein Öl diesem Angriff zu widerstehen vermag, um so mehr ist es für die Schmierung von Zylindern an Dampfmaschinen geeignet. In den Explosionszylindern verbrennt ein Teil des Öles infolge der hohen Temperaturen und des Zutritts von Sauerstoff aus der Luft, die zur Verbrennung nötig ist. In diesen Fällen ist auch die chemische Eigenart der Öle von größter Wichtigkeit: es sollen sich nämlich hierbei möglichst wenig asphalt- und kohleartige Rückstände bilden.

Neben der flüssigen Reibung kommt es jeweils auch zu halbtrockener und trockener Reibung. Die Schmierwirkung ist abhängig bekanntlich von einer bestimmten Geschwindigkeit, vom Druck, von der Innehaltung einer bestimmten Zähigkeit und von den Dimensionen und dem Zustand des Lagers und des Zapfens. Die wünschenswerten Bedingungen lassen sich praktisch nun nicht alle erfüllen. So variiert z. B. die Geschwindigkeit sehr stark beim Anlaufen der Maschine, die Belastung beim Anziehen der Riemen, die Zähigkeit mit der Temperatur, die Lager selbst laufen mit der Zeit aus. Diese Umstände wirken nun dahin, daß leicht irgendwie einmal trockene oder doch halbtrockene Reibung auftritt, und man

muß nun bestrebt sein, diese auf irgendeine Weise herabzusetzen. Zu diesem Zweck setzt man seit langem Graphit dem Schmiermittel zu, wodurch zwar nicht die trockene Reibung vermieden, aber doch sehr herabgesetzt wird. Als Ideal wird sich demnach eine Auflösung von Graphit in Öl erweisen, und dieses ist bereits der im vorigen Kapitel erwähnte Oildag oder Achesongraphit.

Es werden die sich reibenden Maschinenteile zu Hochglanz poliert, und selbst bei hohen Drucken löten sie nicht aneinander. Über die Gefahren der übrigen Graphitschmiermittel wurde bereits gesprochen, ebenso über seine bedingte Verwendungsmöglichkeit für die Zylinderschmierung. Den langjährigen Streit der Meinungen über das Für und Wider der Graphitschmierung hat Holde in der letzten Auflage seines Buches bis zu einem gewissen Abschluß gebracht. Trockener Graphit, den Ölen zugesetzt, gibt Ersparnisse bis zu 50 %, zeigt aber infolge seiner spezifischen Schwere Schwierigkeiten im Gebrauch, eignet aber vorzüglich als Zusatz zu konsistenten Fetten u. dgl. Der Aschengehalt ist keineswegs von absolutem Einfluß, indes dürfen keine groben quarzartigen Bestandteile zugegen sein, welche die Lager zerkratzen würden. Wohl geeignet ist der Graphit, um Heißlaufen zu verhindern, denn seine Wärmeleitfähigkeit ist 40 mal besser als die von Zylinderöl 0,0117 : 0,00029, sowie als mildes Schleifmittel zum Einschleifen neuer Lager. Aber auch nach vollendetem Einschleifen kann ein zeitweiliger Zusatz von Graphit von Vorteil sein, einmal um die glatte Oberfläche des Metalls zu erhalten und um die oben erwähnte halbflüssige und trockene Reibung weitgehendst zu verringern, nämlich bei hochbelasteten, langsam laufenden und hocherhitzten Lagern, wo die Schmierschicht nur dünn ist. Teilweise mag auch das Aufsaugevermögen des Graphits für Öl mit dazu beitragen, daß auch unter schwierigen Umständen eine genügend dicke Schmierschicht erhalten bleibt. Somit kann als endgültiges Ergebnis ausgesprochen werden, daß unter Berücksichtigung seiner Qualität und der besonderen Bedingungen Graphit für gewisse Zwecke als wirksames Schmiersparmittel sehr wohl in Betracht kommt.

IV. Schmiermittelersparnis.

Das ganze Gebiet der eben besprochenen Fragen ist dadurch so besonders akut geworden, weil es für das Problem der Schmiermittelersparnis von so außerordentlicher Wichtigkeit ist. Schmierstoffe zu sparen wurden wir aber im Kriege gezwungen. Der immer größer werdende Mangel an Rohstoffen durch ausbleibende Zufuhr vom Auslande machte es notwendig, nach Mitteln und Wegen zu suchen, weitmöglichst mit den vorhandenen Schmierstoffen auszukommen und die fehlende Menge durch Ersatzstoffe zu ergänzen. Da auch heute noch die Pflicht dem nationalen Vermögen gegenüber besteht, alles Kapital im Lande zu halten und so wenig als möglich ins Ausland fließen zu lassen, so ist auch zurzeit die Frage der Schmiermittelersparnis von ebenso einschneidender Bedeutung wie ehedem. Um welche Zahlenmengen es sich handelt, die wir dem Auslande ohne zwingenden Grund zufließen lassen, mögen folgende Zahlen erläutern[1]):

Die gesamte Mineralöleinfuhr in Deutschland im Jahre 1920 betrug 170000 bis 180000 t; genaue Angaben sind wegen der durch das Loch im Westen eingedrungenen unbekannten Mengen nicht möglich. Vor dem Kriege betrug die Einfuhr in das größere Deutschland ca. 250000 t. Berücksichtigt man die Gebietsverminderung, den Abbau der Industrie, und den geringeren Verbrauch der Bahnen infolge Betriebseinschränkung, so ist der Betrag von 180000 t immer noch sehr beträchtlich. Ein Teil obiger Menge ging auf Lager, ein Teil wurde auch im eigenen Lande produziert, so daß der wirkliche Verbrauch ausländischer Ware auf etwa 150000 t zu beziffern wäre. Es wird behauptet, daß ein Drittel dieser Summe gespart werden könnte, so daß nur 100000 t verblieben, und von diesen könnten mindestens 10 bis 20% durch billigere, aber ebenso brauchbare Öle (Destillate und dunkle Zylinderöle) ersetzt werden. Es wäre somit eine Ersparnis von ca. 300 bis 350 Millionen Mark zu erzielen.

Die Bestrebungen, in dieser Richtung Wandlung zu schaffen und die Bedingungen zu suchen, unter denen der Verbrauch an Schmiermitteln möglichst gering ist, sind von seiten der Industrie und der wissenschaftlichen Zentralstellen seit dem

---

[1]) F. Puls, Petr. 17, S. 518.

Kriege nicht abgebrochen worden. Es galt, die in dem weiten Gebiet der Industrie verstreuten Erfahrungen zu sammeln und die teils in wissenschaftlichen Laboratorien, teils in der Praxis erkannten Verbesserungen in weitester Form den Verbrauchern zur Kenntnis zu bringen. Diese Bestrebungen sind zunächst von der Kriegsschmieröl-Gesellschaft (K.S.G.) aufgenommen worden, mußten gewissermaßen von ihr in Angriff genommen werden, da ja durch ihre Hände der gesamte Eingang und Ausgang der Schmiermittel ging.

Im Anschluß an die K.S.G. bildeten sich eine Reihe von Beratungs- und Prüfstellen, welche spezielle Gebiete der Industrie mit Bezug auf ihren Schmiermittelverbrauch und -bedarf zum Gegenstand ihrer Untersuchungen machten. Das Ergebnis dieser weitverzweigten, aber von der K.S.G. einheitlich geleiteten Arbeiten ist eine ganze Reihe von Veröffentlichungen, in denen die Resultate dieser Untersuchungen festgelegt worden sind. Hier sind unter anderen als grundlegend zu nennen die von der Kriegsschmieröl-Gesellschaft herausgegebene „Anleitung für die Einteilung und Beschaffenheitsbedingungen von Schmierölen und Fetten nebst Richtlinien für die Verwendungsgebiete der einzelnen Klassen“. Weiterhin die „Anleitung zur sparsamen Verwendung von Schmiermitteln“, bearbeitet vom technischen Ausschuß für Schmiermittelverwendung, Charlottenburg 2, Hardenbergstraße 3, von Dipl.-Ing. Fr. Fröhlich. Weiterhin hat Dr. Fritz Frank, Berlin, in einem in der Zeitschrift für ang. Chemie, Jahrg. 32, S. 98 und 374 ff. veröffentlichten Vortrag: „Technisches und Wirtschaftliches vom Schmiermittelgebiet“ eingehend über das Gebiet „Schmiermittelersparnis und Ersatz“ gesprochen. Sehr beachtenswert ist ferner die vom Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf im Verlag Stahleisen m. b. H. in Düsseldorf herausgegebene, durch Ingenieur Ph. Keßler bearbeitete Broschüre „Schmiermittelnot und ihre Abhilfe“.

Auf Grund dieser Bestrebungen kann heute ein einigermaßen übersichtliches Bild gegeben werden, einerseits über die bislang eingerissenen Mißstände, andrerseits über die zu erstrebenden Maßnahmen und Methoden zur Ersparnis und rationellen Bewirtschaftung der Schmierstoffe.

Bei der Besprechung der Frage der Schmiermittelersparnis lassen sich eine Reihe ganz verschiedener Gesichtspunkte geltend machen. Das sind:

1. Auswahl des wirklich zweckentsprechenden Schmierstoffes,

2. Wahl eines Ersatzschmiermittels,
3. Wahl der zweckmäßigsten Schmierapparate,
4. Wiedergewinnung und Reinigung der gebrauchten Öle,
5. Reorganisation der Schmiermittelverausgabung.

A. Wahl des richtigen Öles.

Im Verlaufe des ersten Abschnittes dieses Kapitels über die Theorie der Reibung ist bereits wiederholt darauf hingewiesen worden, daß der Anstoß dieser rein wissenschaftlichen Untersuchungen von seiten der Technik gegeben wurde, welche ein brennendes Interesse daran hat, zu wissen, welcher Schmierstoff für den jeweils in Frage stehenden Zweck die beste Reibungsverminderung resp. größte Kraftersparnis bewirke und gleichzeitig auch am ökonomischsten arbeite. Auf Grund der Theorien ist man zu dem Ergebnis gekommen, daß allgemein die Öle mit möglichst geringer spezifischer Zähigkeit, also mit niedriger Viskosität, den geringsten Kraftverbrauch erfordern, daß aber andrerseits auch Lagerdruck und Geschwindigkeit in dem Sinne von großem Einfluß sind, daß das Schmieröl um so viskoser gewählt werden muß, je größer der Lagerdruck und je geringer die Geschwindigkeit ist. Dieser Tatsache hatte man in der Technik schon seit langem Rechnung getragen, indem man für leichte, schnell laufende Lager dünne Spindelöle und Maschinenöle verwandte, für schwere und langsam laufende aber mittelviskose bis schwerflüssige. Durch neuere eingehende Untersuchungen im praktischen Betrieb hat sich nun herausgestellt, daß in der größten Mehrzahl der Fälle viel zu zähflüssige Öle verwendet werden, daß also eine ganz bedeutende Ersparnis an Kraft (bis zu 10 %) erzielt werden kann, wenn man mit dünneren Ölen schmiert, und daß man auch insofern ökonomischer arbeitet, als der Preis dieser bei sonst gleichem Charakter niedriger ist.

Besonders eingehend sind die Verhältnisse bezüglich ausreichender Schmierung an Dampfzylindern studiert worden, und wegen der Bedeutsamkeit der Frage müssen die Arbeiten von Schmid[1]) und Hilliger[2]) wenigstens kurz erwähnt werden.

---

[1]) Dipl.-Ing. Karl Schmid, Geschäftsbericht des württembergischen Revisionsvereins. Stuttgart 1915. Sonderabdruck: Wirtschaftliche Verwendung der Schmiermittel, insbesondere bei Dampfmaschinen. 2. Aufl. Stuttgart 1916.

[2]) Hilliger, Untersuchung zur Frage der Dampfmaschinenschmierung. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 1918, S. 173.

Schmid beobachtete an einer Reihe von gut gewarteten Dampfmaschinen den Zylinderölverbrauch und entwickelt eine Gleichung, aus welcher man aus dem Durchmesser des Niederdruckzylinders, dem Hub des Zylinders und der minütlichen Umlaufzahl den stündlichen Ölverbrauch in Gramm berechnen kann. Zu einer ähnlichen Formel kommt Weiß[1]), wobei dieser allerdings den Hochdruckzylinder als maßgebend annimmt, da aus diesem das Öl in den Niederdruckzylinder gelangt. Bei der Nachprüfung der Formel in der Praxis stellte sich heraus, daß im allgemeinen die nach der Formel berechneten Ölmengen nicht das Mindestmaß, das zur Schmierung nötig, angeben, sondern noch erheblich zu groß sind. Hilliger hat nun durch Versuche an mehreren verschiedenen Maschinen den tatsächlichen Mindestbedarf festgestellt und bewiesen, daß in Wirklichkeit in den meisten Fällen mit einem gewaltigen Überschuß gearbeitet wurde. Auf das große Zahlenmaterial, das Hilliger angibt, kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden.

In kurzen Zügen sei skizziert, wie Hilliger seine Versuche angestellt. Bei einer gut eingelaufenen Maschine stellte er zunächst durch allmähliche Steigerung der Ölzugabe zum Zylinder einen besten Wirkungsgrad der Maschine fest. Versuche, durch weitere Zugabe von Öl eine Steigerung des Effekts zu erzielen, erwiesen sich als erfolglos. Der Überschuß an Öl setzte sich in den schädlichen Räumen des Zylinders fest und gab Veranlassung zur Bildung von gefährlichen Rückständen, und ist, da diese Mengen gar nicht zur Wirkung kommen, direkt als Verschwendung anzusehen. Bei Vergleich verschiedener Ölqualitäten konnte Hilliger ferner feststellen, daß die Viskosität der Zylinderöle nicht von der Bedeutung ist für die Schmierung, wie man bisher angenommen hatte, daß vielmehr das Adhäsionsvermögen, die Bildung eines dauerhaften Ölfilms auf den Wänden des Zylinders, für die Eignung und Güte des Öles von maßgebendem Einflusse sei. Hierbei wurde gefunden, daß dünnflüssige Öle zuweilen vorteilhafter wirken als hoch viskose, welche indessen geringes Anhaftvermögen besitzen. Aus der Menge des Öles, welche zur Erreichung des maximalen Wirkungsgrades erforderlich war, sowie aus der Dauer, wie lange dieser Zustand erhalten blieb, konnten Schlüsse auf die Güte des Öles gezogen werden. Durch Vergleich der sonst üblichen Menge mit den nun genau bemessenen Quantitäten konnte beurteilt werden, welche Ersparnisse auch bei anderen

---

[1]) Weiß, Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 1910, S. 144, und 1916, S. 764.

Maschinenteilen und Ölen erzielt werden können. So ist beispielsweise durch genaue Einstellung des Tropfölers dafür Sorge zu tragen, daß die Ölzufuhr überall so geregelt wird, daß keine Verschwendung an Öl stattfindet.

B. Wahl von Ersatzschmiermitteln.

Der während des Krieges sehr bald einsetzende Mangel an auswärtigen Erdölen veranlaßte die Verbraucher, sich nach geeigneten Ersatzstoffen umzusehen. Zunächst erkannte man, daß an Stelle der äußerlich sehr schönen hellen Raffinate, die vor dem Kriege fast ausschließlich verwendet wurden, mit dem gleichen, zum Teil sogar noch besseren Erfolge die Destillate benutzt werden können. Überall wo keine Innenschmierung vorliegt, sondern wo das Öl der Schmierstelle offen zufließt, verbraucht und, nachdem es abgeflossen ist, zunächst gereinigt und dann erst verwendet wird, sind Destillate mindestens so geeignet wie die sehr kostspieligen Raffinate. Letztere sind nur für Umlaufschmierung und für gewisse besondere Zwecke, wie Turbinenschmierung, Transformatoren und Verbrennungsmotore, schlecht oder gar nicht zu umgehen.

Für die gewöhnlichen Zwecke nun hat man es auch verstanden, vielfach die Öle der Braunkohlen- und Steinkohlendestillation zu verwenden, und bei geeigneter Wartung der Maschinen können diese Produkte sehr wohl die Erdölprodukte ersetzen. Das Bestreben, sich von den Erdölen des Auslandes unabhängig zu machen, hat zu den Forschungen auf dem Gebiete der Urteergewinnung der Braunkohlen- und Schieferöl-, sowie der Torf- und Holzteergewinnung geführt. Die Erfolge, welche hier erzielt worden sind, sind recht beachtlich, und es steht zu erwarten, daß diese Produkte mehr und mehr in der Technik Eingang finden werden. Bezüglich der Gewinnung und der Eigenart dieser Öle sei auf das Kapitel I verwiesen. Gewisse Schwierigkeiten, wie z. B. die Abscheidung von Anthrazen in den Teerfettölen, der Gehalt an Wasser, welches an die Oberfläche steigt und das dadurch bewirkte Verstopfen der Schmierdochte hat man bald zu überwinden gewußt. Schwierigere Störungen ergaben der stark saure Charakter infolge des Phenolgehalts sowie die Einwirkung des im Öl enthaltenen Schwefels auf die Lagermetalle. Bessere Aussichten für die Verwendung bieten die entphenolierten Braunkohlenteeröle, die Schieferteeröle und der T-Teer. Vor der Verwendung müssen die Lager gründlich von Mineralöl gereinigt werden, da jene

mit diesen Abscheidungen geben, sofern sie sich mit ihnen mischen. Teeröle sind ungeeignet für Zylinderölschmierung, weil sie zu schlecht adhärieren und zu sehr zu Rückstandsbildung neigen; auch sind sie für Maschinen der Nahrungsmittelindustrie wegen ihres ihnen anhaftenden unange- nehmen Geruchs durchaus ungeeignet. Mit Bezug auf die Schmiermittelersparnis kann also zusammenfassend gesagt werden: in den meisten Fällen genügen Destillate; für sehr viele Fälle, besonders für Schmierstellen, die den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt sind, z. B. für Transmissionen. Seilbahnen usw., reichen die Teere und aus ihnen hergestellte Schmierstoffe völlig aus. Für Zylinderölschmierung ist der bislang erstrebte sehr hohe Flammpunkt nicht von der Bedeutung, den man ihm sonst zugeschrieben. Erwähnt sei auch noch, daß für die Herstellung konsistenter Schmierstoffe sich die aus Kohle usw. gewonnenen Produkte eine gewisse Stellung errungen haben. Auch bei Bohr- und Fräsölen können als Ersatz für Mineralöle sehr oft Wasser, Druckluft und wäßrige Flüssigkeiten verwendet werden, nur zum Schneiden sehr feiner Gewinde ist Mineralöl und fettes Öl unerläßlich. Hierauf wird später bei der Besprechung der einzelnen Schmierölsorten noch eingehender hingewiesen werden.

C. Geeignete Schmierapparate.

Auf die Wahl eines geeigneten Schmierapparates hat man mit Bezug auf die Schmiermittelersparnis ein besonderes Augenmerk zu richten, denn es ist einleuchtend, daß es bei einer ökonomischen Schmierung vor allen Dingen darauf ankommt, das Öl oder Fett gerade an die Stelle zu bringen. an der es auch zur Wirkung kommen soll. Die meisten mit „Schmierapparate“ bezeichneten Instrumente dienen nicht der eigentlichen Schmierung an Ort und Stelle, sondern stellen vielmehr Vorrichtungen dar, die den Schmierstoff an die betreffende Stelle hinleiten oder hinbefördern. Somit ist unter dem Begriff Schmierapparat die gesamte technische Einrichtung zu verstehen, welche das Öl oder Fett von dem Vorratsgefäß bis zur Schmierstelle hinbewegt und auch wieder sammelt. Um die verschiedenen Schmiervorrichtungen auf ihren ökonomischen Wirkungsgrad objektiv zu beurteilen, ist es erforderlich, in ganz knappen Umrissen die in der Technik gebräuchlichen Apparate an sich vorüberziehen zu lassen. An eine eingehende Erläuterung der einzelnen Mechanismen kann hier

natürlich nicht gedacht werden, zumal angenommen werden kann, daß die gebräuchlichsten Konstruktionen dem Betriebsmann bekannt sind.

Nach Holde unterscheidet man zweckmäßig:

1. örtlich angebrachte Schmiervorrichtungen,
2. zentral verteilende Schmiervorrichtungen,
3. Umlaufschmierung.

1. Örtlich angebrachte Schmiervorrichtungen.

Die älteste selbsttätig wirkende Schmierung ist die Dochtschmierung, darin bestehend, daß ein aus Baumwollfäden geflochtener Zopf in das Ölgefäß eintaucht, durch Kapillarwirkung den Schmierstoff ansaugt und auf die zu schmierende Stelle auftropfen läßt. Die hiermit verbundenen Nachteile sind offensichtlich. Die Ölzufuhr läßt sich nicht regulieren; bei Gegenwart von Schmutz, Paraffin und verharzenden Substanzen, sowie auch von Wasser setzen sich die Dochte zu und versagen in ihrer Wirkung. Dieser letzte Umstand ist besonders bei Teerfettölen zu befürchten, bei denen infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes das Wasser an die Oberfläche steigt. Bei diesen Ölen scheiden sich ferner in der Kälte Anthrazenkristalle ab, welche die Dochte ebenfalls verstopfen. Während des Stillstandes der Maschine wird weiteres Öl zugeführt. Will man also die Schmierung unterbrechen, so muß man die Dochte herausziehen. Bei größeren Maschinen ist dies umständlich und erfordert von dem Maschinenwärter große Zuverlässigkeit und Aufmerksamkeit, daß beim Wiederingangsetzen der Maschine nicht die erneute Zuführung des Öles an irgendeiner Stelle vergessen wird. Ähnlich den Dochtölern wirken die Nadel- oder Stiftöler. Eine glatte Nadel oder ein als Schraube ausgebildeter schlanker Stift dienen zur Regelung der Ölzufuhr. Wenn hier auch das Verstopfen einigermaßen hintangehalten wird, so leiden doch beide Systeme an dem Übelstande, daß zwar während der Ruhe die Ölung der Maschine unwirksam wird, dagegen stumpft die Spitze der Nadel, welche während des Ganges der Maschine durch Vibration die Ölzufuhr offen läßt, nach einiger Zeit ab und die Zufuhr wird dadurch unregelmäßig und nicht kontrollierbar. Gewisse Vorzüge vor diesen Apparaten besitzen die Tropföler, welche verstellbaren Zufluß besitzen, also regulierbar und auch ganz außer Betrieb zu setzen sind, und dabei gegen Staub und Verunreinigungen genau wie die vorerwähnten gut geschützt

sind. Diese Vorrichtung zeichnet sich überdies noch aus durch ihre Stabilität, Billigkeit und einfache Konstruktion, Eigenschaften, die man von allen guten Schmierapparaten verlangen muß. Endlich läßt sich an ihnen durch Beobachten des Tropfenfalls leicht der Ölzufluß beobachten, und so ist hier eine gute Ökonomie auch bei Verwendung verschiedener Öle durch Regulierung der Einstellung des Öles möglich. Nachteilig ist indes auch bei ihnen, daß man sie bei Stillstand der Maschine abstellen muß, und daß bei Gegenwart von mechanischen Verunreinigungen sowie bei Anwesenheit von festen Beimengungen, wie Graphit, Seife u. dgl., die Zuführungskanäle sich sehr leicht zusetzen.

Eine sehr ökonomische Schmiervorrichtung, die mit gewissem Recht als eine örtliche Umlaufschmierung zu bezeichnen ist und die oben bezeichneten Nachteile vermeidet, ist die sog. Ringschmierung. Man verwendet sie hauptsächlich bei schnell laufenden Wellen, z. B. bei Dynamos, Elektromotoren und Transmissionen. Sie funktioniert in der Weise, daß ein auf die Welle gelegter Ring bei der Drehung von dieser mitgenommen wird und in ein darunter befindliches Ölbad eintaucht. Das am Ring anhaftende Öl wird mit heraufgenommen und fließt an der zu schmierenden Welle ab. Da die Lager meist dicht abgeschlossen sind, findet kein Verschmutzen durch den Staub der Luft statt und es kann auch kein Öl verloren gehen. Ein Nachteil der lose aufgehängten Ringe ist, daß bei der geringsten Verunstaltung dieser das Reibungsmoment nicht mehr ausreicht, um den Ring mitzunehmen, wodurch dann die Ölzufuhr unterbunden wird. Bei sehr viskosen Ölen kann die Bewegung sehr stark gehemmt werden, häufig bleiben die Ringe auch an den Wandungen des Lagers hängen. Bessere Erfolge erzielt man mit festen Ringen, welche eine dauernde Schmierung gewährleisten. Eine Modifikation der Ringschmierlager stellt die Kettenschmierung dar. Eine in sich geschlossene Kette hängt über einen auf der Welle angebrachten Zahnkranz und taucht in das darunter befindliche Ölgefäß. Bei der Schmierung, die zugleich kühlend wirken soll, ist diese Art der Konstruktion besonders geeignet, da die Kette das gut gekühlte Öl von dem Boden des Gefäßes heraufbefördert. Zuweilen nimmt man eingekeilte Ringe, um mehr Öl zu fördern und um bei schnell laufenden Wellen gleichzeitig durch intensive Ölzufuhr eine Kühlung zu bewirken. Hier ist jedoch zu bemerken, daß das Öl zu innig mit der Luft in Berührung gebracht wird, sich oxydiert, verdickt und anfängt zu schäumen,

sofern es nicht von allerbester Qualität ist. Die Vorteile der Ringschmierung beruhen einmal auf der reichlichen Ölzufuhr und sodann auf der Sparsamkeit des Verbrauchs. Da die ganze Apparatur gegen die staubhaltige Luft hermetisch abgeschlossen ist, so bedarf es bei dieser Art der Umlaufschmierung auch keines Reinigungsapparates. Das Lager braucht erst nach Verlauf längerer Zeit gereinigt zu werden.

Gewisse Schwierigkeiten bietet die Schmierung senkrecht stehender Wellen von Gleit- und Kolbenstangen. Hier wird die Schmierung durch einen unter der Stopfbüchse angebrachten Ring, welcher einen mit Öl getränkten Filz umschließt, besorgt.

Während bei den Ölen darauf zu achten ist, daß der Zu- und Abfluß auf ein ökonomisches Mindestmaß herabgeschraubt wird, muß die Schmierung mit den konsistenten Fetten durch Druck oder Pressung erzwungen werden. Bei den bisher allgemein üblichen Staufferbüchsen kann man solche unterscheiden, welche das Fett unter gewöhnlichem Druck austreten lassen, und solche, bei denen durch Federpressung die Masse an die Welle angedrückt wird. Ist bei der erstbenannten Art eine ständige Wartung notwendig, so bedarf es auch bei der unter Federkraft arbeitenden zuweilen eines Nachstellens und Nachschraubens. Staufferbüchsen sind Gefäße mit Innenverschraubung und einer kleinen Öffnung am Boden, auf die ein tellerförmig erweiterter Deckel, in der das Fett eingestrichen ist, aufgeschraubt wird. Durch Nachschrauben wird das Fett nach und nach an das Lager herangebracht. Wegen der Kleinheit der Öffnung ist die Zufuhr an Schmierstoff nur gering und kann durch Verschmutzungen leicht gestört werden. Deswegen ist man in letzter Zeit zur Fettkammerschmierung übergegangen. Sie gewährleistet infolge ihrer großen Berührungsfläche stets eine ausreichende Versorgung des Lagers mit Fett.

Eine sehr primitive örtliche Schmierung ist die mit Briketts, wie sie bei der Schmierung von Walzenzapfen zur Anwendung kommt. Hier werden ziegelförmig geschnittene Fettstücke von hoher Konsistenz in die Aussparungen zwischen Walzenzapfen und Lagerschale gebracht und die Fettung wird direkt durch die abschmelzende Brikettmasse bewirkt.

Eine andere eigenartige Schmiervorrichtung, welche die Prinzipien der Dochtschmierung mit denen des Briketts verknüpft, ist die Netzpolsterschmierung. Ein Gewirr von stark kapillar wirkenden Wollfäden ist mit einem Netz umgeben und dadurch in eine bestimmte, dem Lager angepaßte Form

als Kissen oder Tatze gebracht. Ein Teil dieses Polsters ruht in einem geschlossenen Gehäuse, welches mit einem dünnflüssigen Fett oder zähen Öl von großer Schmierkraft gefüllt ist. Die Polster saugen sich mit dem Schmierstoff voll und drücken sich gleichsam wie ein mit Fett gefüllter Schwamm an die Lager an und bewirken hier eine vorzügliche Schmierwirkung. Der Behälter läßt sich bequem mit frischem Fett nachfüllen. Die Polsterschmierung hat sich bei den elektrischen Straßenbahnen und den Hochbahnen eingebürgert, bei denen die Lager unter starkem Druck stehen und intensiv beansprucht werden. Um auch bei den starken Stößen. denen die Wagen ausgesetzt sind, eine Berührung von Polster und Welle zu sichern. werden diese durch ein Federgestell an die Welle angepreßt. Der Schmierstoffverbrauch ist außerordentlich gering und die Reibungsverminderung selber ausgezeichnet.

2. Zentral verteilende Schmiervorrichtungen.

Handelte es sich bei den vorher besprochenen Schmiermechanismen um solche, welche unter atmosphärischem Druck arbeiten, so verschieben sich die Verhältnisse nicht unwesentlich. wenn die zu schmierenden Stellen unter einer mehr oder weniger starken Belastung stehen. Bei Dampfmaschinen und Explosionsmotoren drückt man das Öl durch kleine Pumpen oder Pressen, die irgendwie zwangsläufig mit der Maschine verbunden sind, in die unter Druck stehenden Zylinder. Durch besondere Mechanismen (Mollerup-Apparat) vermag man die Zuführung des Öles zu regulieren. Oft auch spritzt man das Öl nur in den Dampf- oder Explosionszylinder ein und überläßt es dann dem Dampf oder Gas, den Schmierstoff über die ganze Oberfläche des Kolbens und Zylinders zu verteilen. Bisweilen preßt man auch das Öl in die Schmiernuten des Zylinders. von denen der Kolben es dann bei seiner Hin- und Herbewegung abnimmt. Endlich bewirkt man auch die Schmierung, indem man den Kolben durchbohrt und den Schmierstoff durch diesen hindurchpreßt, wobei aber stets ein Verstopfen der feinsten Öffnungen zu befürchten ist. Handelt es sich um Schmierstellen, an denen eine örtliche Schmierung nicht angebracht werden kann oder deren Überwachung schwierig, so sichert man sich durch Anbringung einer zentralen Preßölschmierung. Auch wo stark belastete Lager und Zapfen schnell laufen müssen, verwendet man Preßölschmierung. Hier wirkt das Öl nicht nur schmierend, sondern zugleich auch kühlend, und

soll dabei den Zapfen so intensiv umspülen, daß er gleichsam auf dem Öl schwimmt. Ein Nachteil dieser Schmierung ist der große Ölverbrauch.

3. Umlaufschmierung.

Bei sehr schnell laufenden Maschinen, beispielsweise bei Benzinmotoren, Spindeln, Elektromotoren, ist man bestrebt, das Öl im Kreislauf zu führen, und das bringt uns zu der eigentlichen Umlaufschmierung. Die Kurbel- und Kreuzkopfzapfen solcher Maschinen umgibt man wenn irgend angängig mit einem Gehäuse und füllt dieses zum Teil mit Öl. Durch das umherspritzende Liquidum werden auch die übrigen vom Gehäuse umschlossenen Maschinenteile mit Öl versorgt. Ein geringer Teil gelangt hierbei durch den Hub des Zylinders auch in den Explosionsraum, verbrennt darin und muß natürlich erneuert werden. Auch Leerrollen, Riemenscheiben und Laufrollen schmiert man mit Umlaufschmierung schon aus dem Grunde, um durch möglichst reichliche Ölzufuhr eine ausgiebige Kühlung zu erzielen. Man hat hierbei darauf zu achten, daß das Öl derart zugeführt wird, daß die Bewegungs- und Druckkräfte die Bewegung des Öles unterstützen. Eine bis ins einzelne gehende Ausführung einer Umlaufschmierung findet man bei den Dampfturbinen. Der Verbrauch an Öl ist hier so gering, wie kaum sonst bei einer Maschine. Das Öl geht in ständigem Kreislauf von dem Turbinenlager ins Reinigungsgefäß zum Absitzen des Wassers und zum Abkühlen, von da in das Vorratsgefäß, um wiederum an die Turbinenwelle geführt zu werden. Da die Verluste hier nahezu Null sind, kann man mit einer Füllung theoretisch außerordentlich lange auskommen. Praktisch wird durch die Eigenart des Öles selbst dem ein Ziel gesetzt. Auch ganz vorzügliche, eigens für diesen Zweck hergestellte Öle verändern sich im Laufe längerer Zeit und müssen erneuert werden. Es ergibt sich aber schon hieraus, daß für Umlaufschmierung, speziell für die Turbinen, ganz besonders hohe Ansprüche an die Öle gestellt werden, über die später noch zu sprechen ist.

Umlaufschmierung bringt man auch an Werkzeugmaschinen an, bei denen eine große Menge Öl benötigt wird, um beim Fräsen, Bohren und Schneiden als kühlendes Medium zu dienen. Nach dem Ablaufen wird das Öl von Wasser und Schmutz befreit und wiederum seinem Verwendungszweck zugeführt.

Es sei noch auf Vorrichtungen hingewiesen, welche es verhindern sollen, daß das Öl beim Lauf der Maschine abtropft

oder abgeschleudert wird. Speziell bei Spinnereimaschinen ist dies von großer Wichtigkeit, da das auf die Faser getropfte Öl sehr häßliche, schwer entfernbare Flecken hinterläßt. Das gleiche gilt für Elektromotore, bei denen durch das vertropfende Schmiermittel die Wicklungen zerstört werden und der Kontakt auf dem Kollektor unterbunden wird.

Zusammenfassend ist über die Schmiervorrichtungen also folgendes zu sagen: Man muß verlangen gleichmäßige Zuführung, Verläßlichkeit der Apparatur, keinen zu reichlichen Zufluß, um kein Schmiermaterial zu verschwenden, Schutz vor schädlichen Einflüssen, wie Staub, Luft und Feuchtigkeit. Die Bedienung soll tunlichst einfach sein, am besten selbsttätig wirken, und nur so lange als die Maschine im Betrieb. Auf ein großes Fassungsvermögen des Füllgefäßes ist zu achten, damit man nicht zu häufig nachzufüllen hat. Somit ergibt sich, daß die Anbringung von Ringschmierlagern so weit als möglich durchzuführen und die Einführung der Umlaufschmierung anzustreben ist, welche beide in ihrer Wirkungsweise den oben geforderten Bedingungen am besten entsprechen. Ein Wort noch über die Maschinenteile selber. Ihre Konstruktion und Ausführung soll so beschaffen sein, daß sie keine Unregelmäßigkeiten aufweisen und den Zutritt von Staub und Schmutz nicht zulassen. Besonders ist auch auf die Anbringung der Schmiernuten das Augenmerk zu richten, und zwar sind dieselben zweckmäßig nur in der oberen Lagerschale anzubringen, wogegen die untere von solchen freizuhalten ist.

D. Wiedergewinnung und Reinigung.

Die Verwendung der besten Schmiermittel und der sparsamste Verbrauch dieser ist erfolglos zur Erreichung einer ökonomischen Schmiermittelwirtschaft, wenn man nicht auf die Wiedergewinnung und Reinigung ein ebenso großes Augenmerk richtet. Sehr große Öl- und Fettmengen können dadurch gespart werden, daß man das ablaufende Öl auffängt, sammelt, reinigt und alsdann dem Verbrauch wieder zuführt. Die Aufmerksamkeit auf diese Seite der sparenden Schmierölwirtschaft zu lenken, ist schon lange das Bestreben der maßgebenden Kreise, und die hierbei erzielten Erfolge sind nicht unbedeutend. Schon vor dem Kriege hat man beispielsweise die Putzlappen gesammelt und das ablaufende Öl zusammengeschöpft. Dabei darf man es aber nicht bewenden lassen. Es muß wenigstens in den größeren Betrieben eine systematische Organisation zur

restlosen Erfassung und Wiedergewinnung der sämtlichen Schmierstoffe und zwar jeden Produktes für sich getrennt angestrebt werden. Zunächst ist durch die Anbringung von Fettfängern, Rinnen und Schalen dafür Sorge zu tragen, daß die abtropfenden Ölmengen nicht erst auf den Boden fallen, sondern direkt erfaßt und gesammelt werden. Der größte Teil des Ablauföles ging bisher mit den Abwässern verloren. Um auch noch diese nicht unbeträchtlichen Mengen zu fassen, sollte man in alle Abwässerleitungen geeignete Fettfänger einbauen, oder in die Senkgruben Zwischenwände einsetzen, um auch hier das Öl abzufangen. Große Ölmengen können aus dem Schlamm dieser Klärbehälter, ferner aus dem Ablaufwasser von Großgasmaschinen und aus den Kondensationen von Dampfmaschinen erhalten werden. Dieses geschieht zweckmäßig durch Einbau von Abdampfentölern. 50 % des der Maschine zugeführen Öles sind auf diese Weise wieder erhalten worden. Beträchtlich sind die Abfälle bei der Schmierung der mit Wasser gekühlten Walzengerüste. Die festen Brocken der Briketts werden vom Schlamm abgesondert und für sich aufgearbeitet. Ebenso ist der fett- und ölhaltige Schmutz, welcher beim Reinigen von Walzengerüsten und Rollengangsgruben herausgeholt wird, sowie der sich in den Unterbauten der Dampfmaschinen ansammelnde Satz aufzubewahren und durch Reinigung das Öl wiederzugewinnen. Ein Zechenkonzern sammelte in einem Jahre rund 400 000 kg Schlamm, aus dem ca. 280 000 kg Öl und Fett wiedergewonnen werden konnten. Eine Menge, die damals — 1918 — einen Wert von 350 000 Mark darstellten. Bei sehr kleinen Betrieben fällt dieses stark verschmutzte Material wohl weniger ins Gewicht, dagegen ist die Reinigung der Putztücher und Putzlappen sehr wohl lohnend. Erfahrungsgemäß soll man aus 100 kg Putzlappen 60 bis 70 kg Schmutzöl gewinnen und hieraus wieder 50 bis 55 kg reines Öl. Man bewahre die Abfälle in eisernen verschließbaren Gefäßen, da sich die ölgetränkten Lappen leicht entzünden können. Das Sammeln der Walzenfettbriketts und des Sintermaterials soll zu Ersparnissen bis zu 40 % des Fettverbrauchs geführt haben. Diese Zahlen sind der Broschüre „Schmiermittelnot“ entnommen.

Die so wiedergewonnenen Öle bedürfen nun noch einer gründlichen **Reinigung**. Die Reinigung des Ablauföles und des Schlammes kann auf verschiedenste Weise erfolgen. Es ist zu bedenken, daß hier ein Gemisch von Öl, Schmutz und Wasser vorliegt, das möglichst quantitativ getrennt werden soll:

Meist verwendet man irgendeine Art Filter, welche man möglichst groß wählen muß. Im Prinzip bestehen diese aus einem hohen Gefäß, das oben und unten eine Zufluß- und Ablauföffnung besitzt und mit irgendeinem Filtermaterial gefüllt ist. Geeignet sind hierfür hygroskopische Substanzen, welche das Wasser aufnehmen, wie Sägespäne, Walkerde, Leinenfäden u. dgl. Es empfiehlt sich, das Öl von unten zulaufen zu lassen und oben austreten zu lassen, da bei diesem Arbeitsgang das Filtermaterial besser ausgenützt wird und das am Boden sich abscheidende Wasser nicht das gereinigte Öl von neuem verunreinigt.

Vielfach wird die Reinigung in Zentrifugen vorgenommen, besonders in den Fällen, wenn man irgendwelche festen Materialien vom Öl zu trennen beabsichtigt, z. B. bei der Reinigung von Drehspänen. Zur Schlammreinigung ist diese Methode wenig geeignet, doch sind in jüngster Zeit Schleudertrommeln mit sehr hoher Umdrehungszahl, 5000 Touren pro Minute, konstruiert worden, in denen durch eine besondere Konstruktion von Einsätzen das Öl gezwungen wird, feine Siebe zu passieren, so daß eine sehr vollkommene Reinigung erzielt werden soll. Durch Erhitzen mit einer eingebauten Dampfschlange können auch dickflüssige Zylinderöle gereinigt werden. Sehr günstige Resultate erzielt man mit der Dochtreinigung. In diesem Fall wird das Öl durch eine Reihe von Dochten aufgesaugt und tropft dann in gereinigtem Zustand in ein darunter befindliches Sammelgefäß. Hierzu ist allerdings eine sehr umfangreiche Anlage notwendig, auch erfordert diese Methode viel Zeit.

Als vorbereitende Klärung kann das einfache Ablagern in zweckmäßigen Gefäßen angesehen werden, worauf das abgeschiedene Öl dann noch weiter nach den oben angeführten Methoden regeneriert werden kann.

Eine sehr einfache Apparatur, die man sich leicht herstellen kann und die der oben erwähnten Abhandlung „Die Schmiermittelnot“ entnommen ist, sei in beistehender Skizze beschrieben.

Hierbei wird durch Erwärmung das Öl vom Wasser geschieden und durch langsames Absitzenlassen geklärt. Vor dem Zulauf des Öles läßt man vorsichtig auf ein Schutzsieb laufen, so daß die groben Anteile zurückgehalten werden und keine Strömungen entstehen. Kammer I wird nun fast bis zum Rand gefüllt und dann die Heizung angestellt. Das Öl erwärmt sich, dehnt sich aus, und das reine Öl steigt auf,

tritt über die Trennungswand in Kammer II, während Schmutz und Wasser zu Boden sinken. Die Heizung, welche nicht über 95° steigen soll, wird nach 12 Stunden abgestellt, Wasser und Schmutz aus Kammer I bei Hahn c_1 entfernt und die Kammer erneut wie oben aufgefüllt. In den folgenden Kammern scheiden sich die noch verbleibenden Unreinlichkeiten ab. Die Reinigung ist auf diese Weise sehr vollkommen. Um Öle wasserfrei zu erhalten, ist die in Abb. 16 skizzierte Apparatur sehr geeignet. In den gegen Wärmeabgabe isolierten und durch Dampfschlangen heizbaren Körper läßt man von oben in dünnem Strahle Öl eintropfen. Das Öl trifft auf den heißen Heizkörper, das Wasser verdampft und die Wasserdämpfe können durch Absaugen entfernt werden. Bei diesem Verfahren wird das lästige Schäumen und Überkochen vermieden. Bei der Reinigung von Ölen mit einem Gewicht über 1,0 muß man das Wasser von oben, den Schmutz und danach das Öl von unten abziehen. Die letzten Schmutzanteile müssen eventuell noch durch Filtration entfernt werden. Bei jeder Reinigung ist darauf zu achten, daß immer die einzelnen Ölsorten für sich getrennt gereinigt werden, so daß man auf diese Weise dann möglichst dasselbe Öl für den gleichen Zweck verwenden kann.

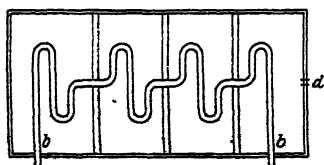
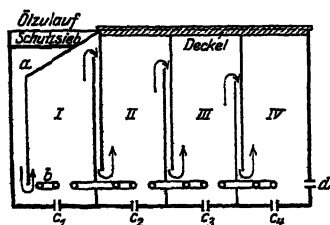



Abb. 15. Ölreinigung.

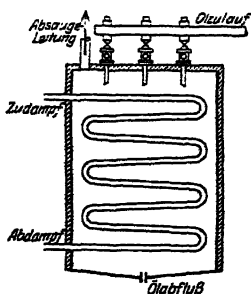



Abb. 16. Ölentwässerung.

Die Reinigung von Fettresten ist außerordentlich schwierig, da beim Aufschmelzen eine Entmischung zwischen Seife und Öl eintritt und damit die Struktur und das Wesen des Fettes völlig gestört wird. Man müßte eine Nachverseifung erfolgen lassen, eine Manipulation, die aber immerhin einige Fachkenntnisse und Apparate voraussetzt. Wirklich quantitativ läßt sich gebrauchtes Öl nur durch Extraktion gewinnen. Die hierfür sehr umfangreichen Anlagen rentieren sich aber nur für sehr große Werke, andere kleinere Betriebe lassen ihre Reste besser in Lohn aufarbeiten.

E. Organisation im Betriebe.

Reorganisation der Schmiermittelverausgabung und Kontrolle des Verbrauchs ist eine letzte und sehr ergiebige Quelle, um Schmierstoffe zu sparen.

Die hier angeführten Gesichtspunkte für Verteilung, Ausgabe und Verbrauch der Ölmengen werden in der Hauptsache für größere Betriebe in Frage kommen, doch auch in kleineren und kleinsten Betrieben lassen sich durch zweckentsprechende Verteilung der Schmiermittel und Anweisung der Arbeiter, sorgsam mit dem Material umzugehen, mancherlei Werte retten.

Zunächst achte man auf sachgemäße Lagerung der Schmierstoffe. Man vermeide tunlichst den Einkauf in Holzfässern, ziehe vielmehr Eisentrommeln oder Kesselwagen vor. Holzfässer, zumal wenn sie nicht mehr ganz neu sind, fangen bei warmem Wetter leicht an zu lecken und die dadurch hervorgerufenen Verluste können außerordentlich groß werden. Vorteilhaft ist es, sich für jede Qualität einen gesonderten Behälter anzuschaffen, aus denen man das Öl direkt in die Schmierkannen abfüllen kann. Die Lagerung soll feuersicher in geschlossenen, Unbefugten nicht zugänglichen Räumen erfolgen. Die Behälter werden mit Heizschlangen versehen, damit man auch bei Winterkälte schwerflüssige Öle leicht abziehen kann. Bei tiefliegenden z. B. in der Erde eingegrabenen Tanks wird das Öl mit Pumpen oder Preßluft herausbefördert. Will man die jeweils abgezapfte Menge sogleich ermitteln, so versieht man den Hahn mit einer Meßvorrichtung oder einer automatischen Wage. Abtropfendes Öl wird in einem darunterstehenden Blech aufgefangen. In sehr großen Betrieben kann es zweckmäßig sein, das Schmieröl in Rohrleitungen direkt bis in die Abteilungen zu führen, wo es verbraucht wird. Hier wird es in die Schmierkannen, auf deren Sauberkeit und auf deren Intaktheit zu achten ist, abgefüllt.

Die Schmierung derjenigen Apparate und Maschinen, welche nur in größeren Abständen erforderlich ist, geschieht durch besondere Schmierer, die man durch ausgesetzte Prämien zu großer Sparsamkeit anhält. Ringschmierlager und andere Vorrichtungen der Umlaufschmierung sollen nicht täglich nachgefüllt werden, sondern nur dann, wenn wirklicher Bedarf vorliegt. Den Stand des Öles beobachte man nur durch das Ölstandglas oder die Einfüllschrauben. Man vermeide es, die Verschlüsse zu öffnen. Ferner achte man darauf, daß die Ölkannen eine Inhaltsbezeichnung aufweisen, und daß die Spitze

des Ausgusses unbeschädigt sei. Je nach der Zähflüssigkeit des Inhalts betrage die Öffnung 1 bis 2 mm Weite. Am vorteilhaftesten sind die Kannen mit Druckknopf, aus denen auch beim Umfallen nichts herausläuft. Zweckmäßig ist es, über dem Ausguß einen Schutzansatz anzubringen, welcher durch Anfeilen leicht hergerichtet oder ausgewechselt werden kann. Für die Ausgabe und das Einfüllen von Fetten wurden bisher gewöhnlich Blecheimer, Hobbocks od. dgl. genommen. Ein bequemer Apparat, der sich auch in der Praxis bewährt haben soll, ist der in beistehender Abbildung skizzierte: Fettbehälter mit Vorrichtung zum Füllen von Staufferbüchsen[1]).

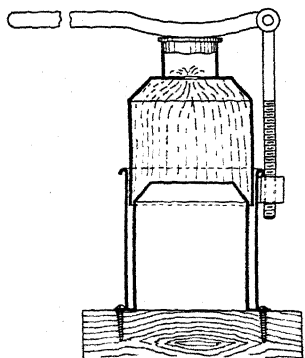



Abb. 17. Vorrichtung zum Füllen von Staufferbüchsen.

Vor allen Dingen hat man dafür Sorge zu tragen, daß keine Verunreinigungen ins Öl noch in das Fett hineingelangen, wodurch Beschädigungen der Maschinen hervorgerufen werden würden, noch daß verschiedene Öle vermengt werden. Jedes Gefäß sei daher mit Aufschrift versehen und werde in einem Schrank aufbewahrt, welcher mit Rinnen für das ablaufende Öl versehen ist.

In welcher Weise die Ausgabe des Öles im einzelnen zu erfolgen hat, richtet sich nach der Art des Betriebes und muß ebenso wie die Kontrolle des Verbrauchs in seinen Einzelheiten dem Betriebsleiter überlassen bleiben. Über Zugang und Abgang vom Magazin in jede Abteilung sowie innerhalb jeder Abteilung soll genau Buch geführt werden.

Bei einiger Aufmerksamkeit, den man diesem Teil des Betriebes allerdings zuwenden muß, wird man sehr bald weitere Verbesserungen und Vereinfachungen ausfindig machen, um so immer größere Mengen an Schmiermitteln zu sparen.

[1]) Hersteller Fa. Gustav und Max Busch, Remscheid.

V. Verwendungszwecke und Auswahl der Schmierstoffe.

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten über Ursprung, Darstellung und Untersuchung der zahlreichen Rohprodukte und mannigfachen Fertigfabrikate auf dem Schmiermittelgebiet gesprochen worden ist, sollen nun zum Schluß dem Betriebsmann einige Hinweise gegeben werden, wie er seine Wahl für die jeweiligen Verwendungszwecke aus der großen Zahl der ihm angebotenen Schmierstoffe zu treffen hat. Die hier gestellte Aufgabe ist nicht so einfach, wie es anfänglich erscheint, zumal die Zahl der in Frage stehenden Verwendungszwecke und Produkte eine außerordentlich große ist.

Bei der Auswahl ist zu berücksichtigen die Natur, die Größe der geschmierten Teile, die Eigenart des vorliegenden Reibungsvorganges, die Schmiervorrichtung, die Temperatur und die örtlichen Verhältnisse. Hat man diesen Bedingungen Rechnung getragen, so wird man auch bestrebt sein, ein möglichst preiswertes Schmiermittel zu wählen, das sparsam im Gebrauch ist. Es bedarf daher eines sehr genauen Einblicks in alle diese Verhältnisse, um das wirklich geeignetste Schmiermittel zu finden.

Es scheint daher wohl am zweckmäßigsten zu sein, zunächst festzulegen, nach welchem Schema die Schmiermittel einzuteilen sind, und dann für einige häufig vorkommende spezielle Zwecke die Anforderungen und Bedingungen, die sich im Laufe einer langen Erfahrung als praktisch und erforderlich erwiesen haben, darzulegen.

Der Übersicht halber dürfte die Tabellenform sich als geeignet erweisen. Ich lasse also zunächst ein Übersichtsschema der Schmiermittel überhaupt folgen und lehne mich dabei an die von der Kriegsschmierölgesellschaft (K.S.G.) herausgegebenen Richtlinien an (s. Tabelle). Hiernach kann man also die Öle einordnen einmal in: 1. Zylinderöle, d. h. Öle, die zur Schmierung von Zylindern aller Art, Luftkompressoren, Gas- und Dampfmaschinen, Benzin- und Dieselmotoren usw. dienen. 2. Lagerschmieröle, und zwar hier je nach Art des Ölmechanismus solche für a) Tropföler, b) Ringschmierlager und c) für Kreislaufschmierung. Hierbei wiederum richtet sich die Art und der Charakter des Öles je nach der Verwendungsart der Maschine; man wird also für die Tropföler

einer Dampfmaschine ein anderes Öl verwenden, als für die einer Werkzeugmaschine oder Spindeldrehbank. Immerhin ist auf diese Weise die Möglichkeit einer einigermaßen übersichtlichen und logischen Klassifikation gegeben.

Wenn wir uns nun noch einmal die Qualitätsgrade der Ölsorten als solche vor Augen führen, so kann man hier unterscheiden zwischen 1. Destillaten, 2. Raffinaten, 3. Rückstandsöle, Teerfettöle, Braunkohlen- und Schieferöle.

In den von der K.S.G. festgelegten Richtlinien sind Hinweise gegeben für die jeweils in Frage stehenden Verwendungszwecke zweckdienlichen Öle, doch muß hier nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die dort niedergelegten Bestimmungen nicht mehr im vollen Umfange maßgebend sind, sondern, unter dem Drucke des Krieges entstanden, viele Lizenzen zulassen und Freiheiten erlauben, die heute unbedingt zu verwerfen sind. Die ausgiebige Verwendung von Rückstandsölen und Teerölen ist jetzt nicht mehr in dem Maße wie zu jener Zeit am Platze und auch die Verwendung von Raffinaten gegenüber Destillaten hat stark zugenommen; mit welchem Recht bezüglich Wirtschaftlichkeit und Nutzen dies geschieht, inwieweit die Mode und die einmal eingewurzelte Gewohnheit hierfür bedingend ist, mag dahingestellt bleiben.

Anleitung für die Einteilung und Beschaffenheitsbedingungen von Schmierölen und Fetten

nebst Richtlinien für die Verwendungsgebiete der einzelnen Klassen.

A) Klasseneinteilung,
B) Kennzeichen und Eigenschaften der einzelnen Klassen,
C) Richtlinien für die Verwendung der verschiedenen Klassen von Schmiermitteln, deren Anforderung beim Lieferanten und Freigabe durch die Kriegsschmieröl-Gesellschaft.

A. Klasseneinteilung:

Die Schmiermittel werden eingeteilt in

I. Reine Schmieröle aus Erdöl,
  a) Mineralöldestillate,
  b) Mineralölraffinate,
  c) Mineralrückstandsöle;
II. Reine Schmieröle aus Braunkohle und Schiefer;
III. Reine Schmieröle aus Steinkohle (z. B. Teerfettöle);

IV. Zusammengesetzte Öle;
V. Reine Starrschmieren,
  a) mit Seifengrundlage,
  b) ohne Seifengrundlage;
VI. Gefüllte Starrschmieren:
  a) mit Graphit und Ruß,
    1. mit Seifengrundlage,
    2. ohne Seifengrundlage,
  b) mit anderen Stoffen (der Gehalt an Füllstoffen ist nach Menge und Art anzugeben),
    1. mit Seifengrundlage,
    2. ohne Seifengrundlage.

B. Kennzeichen und Eigenschaften der Klassen:

I. Reine Schmieröle aus Erdöl:

a) Mineralöldestillate sind Erzeugnisse der Destillation von Erdöl, die durch Verdampfung und Wiederverdichtung gewonnen werden, auch wenn sie durch teilweises Wiederabtreiben verdickt sind.

Sie sind gekennzeichnet durch:

Farbe: Hell bis dunkel, jedoch in letzterem Fall in dünner Schicht durchscheinend.
Säuregehalt: Frei von Mineralsäuren.
Wassergehalt: Technisch wasserfrei.
Löslichkeit: In Benzol ohne Rückstand löslich.
Fettfleckprobe: Die Fettfleckprobe soll auf gehärtetem Filtrierpapier ein noch durchscheinendes, gleichmäßiges Bild zeigen.

b) Mineralölraffinate sind ausschließlich Erzeugnisse, die durch Behandlung mit Schwefelsäure, schwefliger Säure oder anderen chemischen Mitteln von verharzenden, sauren und basischen Verbindungen tunlichst befreit sind.

Sie sind gekennzeichnet durch:

Aussehen: Klar, im 15-mm-Reagenzglase durchscheinend.
Säuregehalt: Nicht über 0,1 % berechnet als SO_3.
Wassergehalt: Technisch wasserfrei.
Löslichkeit: In Benzin klar löslich.

c) Mineralrückstandsöle sind Erzeugnisse, die bei der ersten Destillation des Rohstoffes in der Blase zurückbleiben. Sie können leichtflüssig, schwerflüssig oder salbenförmig sein.

Sie sind gekennzeichnet durch:

Farbe: Dunkel, wenig oder nicht durchscheinend.
Säuregehalt: Frei von Mineralsäuren.
Wassergehalt: Technisch wasserfrei.

Löslichkeit: Technisch benzollöslich.
Fettfleckprobe: Die Fettfleckprobe gibt kein durchscheinend gleichmäßiges Bild.

II. **Reine Schmieröle aus Braunkohle oder Schiefer** sind Erzeugnisse der Destillation der Teere aus diesen Stoffen.

Sie sind gekennzeichnet durch:
Spez. Gewicht: unter 1.
Geruch: Schwach teerölartig.
Reaktion: Eintreten der Gräfe-Reaktion.

III. **Reine Schmieröle aus Steinkohle:**

a) Teerfettöle sind Erzeugnisse aus Steinkohlenteer. Sie müssen von festen Ausscheidungen (Anthrazen und seinen Begleitern) möglichst befreit sein.

Sie sind gekennzeichnet durch:
Farbe: Dunkelbraun bis dunkelbraungrün.
Geruch: Nach Steinkohlenteerölen.
Spez. Gewicht: Mindestens 1,1 bis 15° C.
Wassergehalt: Technisch wasserfrei.
Löslichkeit: In Benzol technisch löslich.

b) Tieftemperaturteeröle[1]).
Nähere Definition folgt, sobald eine gewisse Erfahrung über diese Öle sich gebildet hat.

IV. **Zusammengesetzte Öle.**

Unter zusammengesetzten Ölen sind alle Öle zu verstehen, die durch Mischung von Ölen der verschiedenen Klassen I—III untereinander oder durch Zusätze anderer Art hergestellt sind. Als zusammengesetzte Öle gelten auch solche, die durch Zusatz von Erdpechöl, Mineralöl-Weichpech oder Goudron gewonnen sind. Zusätze von Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech sind nicht zulässig.

Sie müssen bezüglich
Wassergehalt: technisch wasserfrei;
Löslichkeit: in Benzol technisch löslich sein.

Starrschmieren.

Starrschmieren sind Schmiermittel, die bei gewöhnlicher Temperatur fest und salbenartig sind. Sie sollen eine homogene Masse bilden und sich beim Lagern nicht entmischen. Die Starrschmieren dürfen an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht eintrocknen. Sie werden hergestellt entweder mit oder ohne Seifengrundlage.

Es sind zu unterscheiden:

[1]) Vgl. Kap. I, S. 32.

V. Reine Starrschmieren:

a) mit Seifengrundlage;

b) ohne Seifengrundlage.

Reine Starrschmieren dürfen, wenn sie auf Seifengrundlage hergestellt sind, nicht mehr als 5% Asche enthalten, wenn sie ohne Seifengrundlage hergestellt sind, nicht über 1%.

VI. Gefüllte Starrschmieren dürfen über 5% Asche enthalten:

a) Gefüllte Starrschmieren dürfen (soweit sie auf Seifengrundlage hergestellt sind außer den Seifenbasen) noch Graphit oder Ruß enthalten;

b) Sie dürfen andere Stoffe enthalten, doch müssen diese nach Menge und Art angegeben werden.

C. Richtlinien für die Verwendung der verschiedenen Klassen von Schmiermitteln (deren Anforderung beim Lieferanten und Freigabe durch die Kriegsschmieröl-Gesellschaft).

I. Eignung der Öle im allgemeinen.

Das erste Bestreben in jedem Betriebe muß sein, möglichst wenig Ölsorten zu verwenden und Öle für verschiedene Verwendungszwecke, die in ihrer Art und Beschaffenheit ungefähr gleich sind, zusammenzufassen, wie z. B.:

Zylinderöl für Luftkompressoren, Großgasmaschinen, Benzin-, Benzol-, Petrol-Motoren und Kraftwagen, oder auch:

Lagerschmieröl für Kreislaufschmierung an Kraftmaschinen (Dampf-Gasmaschinen), Luftkompressoren, für Ringschmierlager und Tropföler, an Dynamomaschinen, Dampfmaschinen, Werkzeugmaschinen.

Man verwende die Öle wie folgt:

a) Mineralöldestillate sind bei Lagerschmierung tunlichst nur dort zu verwenden, wo Einrichtungen bestehen, die ermöglichen, daß das Öl dauernd im Gebrauch bleibt: Kreislaufschmierungen, Ringschmierlager. Bei anderweitiger Verwendung muß das gebrauchte und ablaufende Öl aufgefangen, gereinigt und wieder zu demselben Zweck gebraucht werden.

Unter keinen Umständen dürfen in jetziger Zeit an Schmierstellen, an denen das Öl nicht wiedergewonnen werden kann, Mineralöldestillate gebraucht werden. Ausnahme bildet Zylinderschmierung von Verbrennungskraftmaschinen.

b) Mineralölraffinate sind nur dort zu verwenden, wo chemische oder physikalische Einflüsse derart auf das Öl einwirken, daß Zersetzungen, Emulsionsbildungen, Oxydationen oder Verharzungen eintreten können, die bei den be-

treffenden Verwendungszwecken unbedingt vermieden werden müssen.

Zur Lagerschmierung mit Ausnahme von Dampfturbinen, Präzisionsarbeitsmaschinen und schnellaufenden Spindeln in der Textilindustrie kommt kein Mineralölraffinat zur Verwendung, dagegen vorzugsweise

c) Mineralrückstandsöle, Teerfettöle, Braunkohlen- und Schieferöle sowie Mischungen daraus:

Mineralrückstandsöle auch für Zylinderschmierung. Farbe und Geruch dieser Öle beeinträchtigen ihre Verwendungsfähigkeit in keiner Weise.

II. Auswahl der Öle für bestimmte Zwecke.

1. für Zylinder, Schieber und Stopfbüchsen von Dampfmaschinen: Mineralöldestillat oder Mineralrückstandsöl ohne Zusatz von Asphalt, Hart- oder Weichpech (Goudron).

   Flammpunkt je nach Dampftemperatur von 200—270° C im offenen Tiegel.

   Viskosität bei 100° C über zwei Engler°.

   Dampftemperaturen über 300° C sind zu ermäßigen, da die jetzt herstellbaren Öle nicht mit Sicherheit höheren Temperaturen standhalten.

2. für Zylinder, Schieber und Stopfbüchsen von Verbrennungskraftmaschinen (Großgasmaschinen, Benzin-, Benzol-, Gas-, Kraftwagen-, Petrol-, Diesel-, Rohöl-Motoren), Vakuumpumpen, Gebläsemaschinen: Mineralöldestillat.

   Flammpunkt: Nicht unter 180°, für Niederdruckkompressoren nicht unter 160° im offenen Tiegel.

   Viskosität: Bei 50° für leichtere Maschinen etwa 4, für schwerere Maschinen über 4—6 Engler°.

3. für Kreislaufschmierungen schwerer Maschinen (Lagerschmierung), bei denen das Öl durch die Pumpe stets wieder vom Sammelgefäß durch die Schmierstellen läuft:

   Mineralöldestillat.
   Flammpunkt: über 150° C im offenen Tiegel.
   Viskosität: bei 50° C etwa 3—4 Engler°.

4. Für Ringschmierlager an jeder Art Maschinen:

   Für empfindliche Lager leichtflüssige Mineralöldestillate, sonst Teerfettöle, Mineralrückstandsöle, zusammengesetzte Öle, Viskosität bei 50° C nicht über 4 Engler°.

5. für Tropföler: an allen Maschinen:

   Alle nicht zu schwerflüssigen Öle, die keine trocknenden Bestandteile enthalten.

6. für Dochtöler und Kissenschmierung:

   Alle Öle, die keine verharzenden Bestandteile absetzen.

7. für offene Schmierstellen, welche direkt mit der Kanne geschmiert werden:

   Mineralrückstandsöle, Teerfettöle, zusammengesetzte Öle.

8. für Kugellager:

   Mineralöldestillat oder Maschinenfett, das keine Beschwerungsmittel oder freie mineralische Bestandteile enthält, ungefüllte Starrschmieren auf Seifengrundlage.

9. für Kreislaufschmierung, für Kühl- und Schneidezwecke, wie an Automaten zur Herstellung von Schrauben und sonstigen kleinen Teilen, Bolzen, zum Bohren von Gewehrläufen und ähnlichen Zwecken, zum Ziehen von Drailnuten in Geschütz- und Minenwerferrohren:

   Mineralöldestillat.
   Flammpunkt: über 140° C im offenen Tiegel.
   Viskosität: bei 50° C 2—3 Engler° oder

   zusammengesetzte Öle, Mineralöldestillate mit bis zu 10% pflanzlichem Öl (Rüböl), fälschlich genannt Rübölersatz.

   Flammpunkt: über 140° C im offenen Tiegel.
   Viskosität: bei 50° C 2—3 Engler°.

10. Kühlöl zum Bohren, Drehen, Fräsen, Gewindeschneiden, auch für Revolverbänke, unter Verwendung größerer Mengen Kühlflüssigkeit:

    Mit Wasser emulgierbare Öle und Fette, sog. wasserlösliche Öle und Fette (Bohröle und Bohrfette).

11. Öl zum Einfetten von Stahl, Eisen und Metall, beim Walzen von Bändern, Ziehen von kleinen Rohren, Ziehen von feinem Draht und dünnen blanken harten Stahlwellen:

    Mineralöldestillat.
    Flammpunkt: über 140° C im offenen Tiegel.
    Viskosität: bei 50° C 2—3 Engler° oder

    zusammengesetzte Öle, Mineralöldestillat mit bis zu 10% pflanzlichem Öl (Rüböl), fälschlich benannt Rübölersatz.

    Flammpunkt: über 140° im offenen Tiegel.
    Viskosität: bei 50° C etwa 2—3 Engler°.

12. Härte- und Vergüteöl zum Vergüten von Stahl, wie Granaten, Geschützteilen (Rohren und sonstigen Teilen), Beschlagteilen, Werkzeugen, Wellen usw.:

    Schieferöldestillat und Mineralöldestillat.

    Flammpunkt: über 170° C im offenen Tiegel, dem Verbrauchszweck angepaßt.

    Viskosität: etwa 3—4 Engler° bei 50° C.

    Flammpunkt: möglichst hoch, Viskosität möglichst niedrig, um sparsamsten Gebrauch zu erzielen.

13. für **Kompressoren:**
   a) Luftkompressoren;
      für Niederdruck bis 12 Atm.: Destillat, Flammpunkt nicht unter 160° C im offenen Tiegel,
      für Hochdruck 12 Atm. und höher, je nach Kompressionsdruck und Stufenzahl, ferner Turbokompressoren: Raffinat.
      Flammpunkt 180° C im offenen Tiegel, für Hochdruckkompressoren auch wasserlösliche Öle.
   b) für Sauerstoff- und Wasserstoffkompressoren: wasserlösliche Öle.
   c) für Eismaschinen: Raffinat, kältebeständig bis mindestens — 15° C. Viskosität: bei 50° C nicht über 2 Engler°.

14. für **Dampfturbinen:**
   Mineralölraffinat.
   Flammpunkt: über 160° im offenen Tiegel.
   Aschegehalt: tunlichst nicht über 0,03 %.
   Säuregehalt: tunlichst nicht mehr als 0,02% auf SO_3 berechnet.
   Emulsionsprobe: Sie dürfen nicht emulgieren.

15. für **Schalter:**
   Destillat.
   Stockpunkt: je nach Aufstellungsort.
   Viskosität: bei 20° C nicht über 10 Engler°.
   Flammpunkt: im offenen Tiegel nicht unter 140° C.

16. für **Transformatoren:** vorläufige Sonderbedingungen, festgelegt im Einverständnis mit den Elektrizitätsfirmen in der Sitzung am 4. Mai 1918.
   Raffinat.
   Spez. Gewicht: nicht unter 0,85 und nicht über 0,92 bei 15° C.
   Viskosität: nicht über 10 Engler° bei 20° C.
   Flammpunkt: im offenen Tiegel nicht unter 140° C.
   Stockpunkt: nicht über + 5° C.
   Das Öl muß frei sein von Salzen, Säuren, Alkali und Schwefel, und darf höchstens 0,02% Säure, berechnet auf SO_3, enthalten. Es muß frei sein von mechanischen Beimengungen, darf also keine suspendierten Bestandteile, Fasern, Sand oder dergleichen enthalten. Die Teerzahl darf nach 70stündiger Erwärmung auf 120° C unter Durchleitung von reinem Sauerstoff höchstens etwa 0,8% betragen.

17. für **Spindelschmierung** an Spinn- und Zwirnmaschinen:
   Raffinat.
   Viskosität: bei 20° 3—8 Engler°.
   Flammpunkt: mindestens 130° im offenen Tiegel.

18. Starrschmieren für Maschinenschmierung, für Förderwagen, die auf Schienen oder Seilen laufen.
Starrschmieren: Gruppe V und VI a.
Wagenfette, Starrschmieren: Gruppe Vb, VIa2 und VIb.

Nicht genannte Verwendungszwecke.

Spezialöle, die für besondere, hier nicht angeführte Zwecke erforderlich sind, können auf den Freigabeanträgen unter Angabe ihrer Verwendung beantragt werden. Die Klassenzugehörigkeit ist anzugeben und unterliegt der Einzelprüfung durch die K.S.G.

Pflichtmäßige Klassenkennzeichnung.

Auf den Rechnungen hat der Verkäufer neben der ihm gebräuchlichen Sortenbezeichnung (z. B. Dynamoöl, Elektromotorenöl, grünes Maschinenöl, Kriegsmarke 2 usw.), die im vorhergehenden genannte Klasse (I—VI), zu der das berechnete Öl gehört, anzugeben.

Beispiele:

Dynamoöl, welches reines Mineralöldestillat ist:
Klasse Ia.

Grünliches Maschinenöl, welches Mineralrückstandsöl ist:
Klasse 1c.

Härteöl Marke Hindenburg, welches Schieferöldestillat ist:
Klasse II.

usw.

Berlin, den 15. August 1918.

Kriegsschmieröl-Gesellschaft m. b. H.
Wissenschaftlich-technische Abteilung.

gez. R. Alberti. gez. Dr. Fritz Frank.

Es folgen nun eine Reihe von Ölanalysen, aus denen die Charakteristik der Öle zu entnehmen ist, und zwar ist diese Tabelle zum großen Teil dem Englerschen Werke „Das Erdöl“ Band 5 entnommen; indessen sind auch einige Analysen von amerikanischen, galizischen, rumänischen und deutschen Ölen aus der Kriegszeit sowie die Daten einiger besonders bewährter Öle, wie sie seinerzeit zum Verbrauch gelangten, angeführt resp. eingefügt (diese Analysen sind mit * bezeichnet).

Name	Provenienz	Spez. Gewicht	Flammpunkt o. T.	Brennpunkt	Viskos. bei 20° C	Viskos. bei 50° C	Stockpunkt 0° C	Firma
Spindelöle (bis 3,5 Visk. bei 50° C).								
Pale 865	amer.	0,868	150	174	2,31	1,46	— 3	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Pale 875	„	0,8758	159	190	2,91	1,59	— 3	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Pale 885	„	0,8956	188	228	5,70	2,07	— 3	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Queens Spindle . . .	„	0,8945	214	261	10,3	2,82	— 3	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Pale 900/7	„	0,9034	210	252	13,2	3,34	— 3	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Ice machineoil . . .	„	0,894	191	233	5,4	2,01	— 20	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
French Neutral . . .	„	0,8432	150	175	2,32	1,46	—9/—10	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Mineral Colza	„	0,8215	133	155	1,62	1,27	—3/—5	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Nobel II	russisch	0,898/9	178/180	220/5	—	ca. 3	—	A. André jr., Hbg.
*Rötl. Spindelöl . . .	mex.	0,900	182	—	5,1	—	— 2	—
*501 „ . . .	Texas	0,913	152	—	4,7	—	— 30 fl	—
*511 „ . . .	„	0,917	160	—	7,43	—	— 30 fl	—
*Pale oil Nr. 5 . . .	„	0,916	158	—	7,9	2,17	— 14 fl	—
*Pale oil 885	„	0,882	190	—	6,95	2,07	— 2 fl	—
L_0	galiz.	0,885	160	187	4,02	1,77	— 20	paraffinfrei
O_{11}	„	0,912/15	160	175	10/11	2,5	— 10	„
O_{12}	„	0,917/20	170	190	15/17	—	— 10	„

P_0	galiz.	0,870/75	140/5	175/85	2,2/2,6	—	0	paraffinhaltig 3% Teer, 0,0037% SO_3
P_1 L	"	0,885/95	165/175	195/200	5,7/6,2	2/2,2	0	paraffinhaltig 5% Teer, 0,0045% SO_3
P_5	"	0,895/903	180/5	210/20	9,3/10	2,4/2,6	—	paraffinhaltig 5% Teer, 0,0057% SO_3
P_6	"	0,903/910	190/5	220/230	14/15	3,1/3,3	—	paraffinhaltig
*Destillat	deutsch	0,897	160	—	3/4	—	+3	von Grabow
*Destillat	"	0,900	154	—	4/5	—	—17	von Wilhelmsburg
*Vaselinöl	—	0,887	90	—	1,2	—	—	—
*Hallenser Gasöl . .	deutsch	0,855	85/115	—	1,7/1,9	—	20	—
Leichte Maschinenöle (3,5 bis 5,5 Visk. bei 50° C).								
Solar red od. Red engine	amer.	0,918	214	265	22,8	4,54	+3/+0	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Queens H. V. Machinery	"	0,9096	225	266	16,8	3,81	+3/+0	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Red II	Texas	0,9153	—	—	—	4,17	+1,5	15% Teer
Red oil Nr. 1	amer.	0,886	236	282	22,06	4,92	—	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
Red oil Nr. 2	"	0,912	210	249	17,54	3,95	—7	Thompson Bedford (Standard Oil Co.)
*Newport red engine	"	0,934	175	215	24,7	4,07	—11	Sun ref. Co.
*Leichtes Maschinenöl	kalif.	0,927	175	—	—	3,3	—13	—
*Maschinenöl 521 . .	Texas	0,924	165	—	—	3,48	—30	—
" G 20 . .	galiz.	0,905/10	190/200	—	19/20	3,5/3,8	—	—
" P 8 . .	"	0,905/15	195/200	225/235	21/23	4/4,2	—	5% Teer, 0,0055% SO_3
*Maschinenöldestillat	"	0,915	171	—	—	3/4	+6	—
* "	"	0,925	195	—	—	4/5	+5	—
*Paraffinhalt. Destillat	"	0,915	180	—	—	2,5/3	+15	—
* " "	"	0,905	195	—	—	3/4	+13	—

Name	Provenienz	Spez. Gewicht	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskos. bei 50° C	Viskos. bei 100° C	Stockpunkt 0° C	Firma
Schwere Maschinenöle über 5,5 Visk. bei 50° C.								
Valvoline	amer.	0,879	218	—	6,56	—	0	Valvoline Oil Co.
Nobel I	russisch	0,908/9	204/6	245/50	6,8	—	— 15	André jr.
Bakuin Ia Ia	"	0,909/11	220	250	9	—	— 6	Albrecht & Co.
Lissonoff	"	0,9088	206	—	6,4	—	— 15	—
Nobel 00	"	0,912/15	225/30	255	16	2,5	— 1	—
Vega vacuum	rumän.	0,9297	210	—	10,2	—	— 11	—
*New York red engine	amer.	0,939	185	230	6,64	—	— 11	Sun Co.
*Sun red Stock . . .	"	0,950	230	270	14,1	2	— 4	" "
*Mazout	—	0,917	211	—	15	—	+ 2	—
*Waggonöl	amer.	0,944	185	—	12	—	—	—
P_0 a, ...	galiz.	0,912/20	205/10	250/60	6/6,5	—	—	7% Teer
B Arsenal	"	0,919	218	—	7	—	+ 2,5	—
*Maschinenöldestillat	"	0,930	193	—	5/6	—	+ 8	—
* "	rumän.	0,938	195	—	7/8	—	— 7	—
* "	"	0,941	198	—	7/8	—	ca. 0	—
* "	"	0,937	188	—	6,5	—	— 4	—
* "	"	0,921	217	—	14,6	—	— 3	—
*Rohpakura A 3 . . .	"	0,946	178	—	ca. 19/21	—	—	—
*Kältebeständ. Destillat v. Limanova . . .	galiz.	0,907	195	—	8/9	—	— 9	—
Lepenau	deutsch	0,950	135	—	7/9	—	— 15/— 5	Eisenbahnachsenöl
Helle Zylinderöle.								
Continental	amer.	0,889	270	312	17,2	3,05	—	Standard Oil Co.
Cosmos filtrat	"	0,887	265	308	16,9	2,97	—	" " "
Steam refined C. T. .	—	0,8886	276	319	20,4	3,23	—	" " "
FFF Valve	amer.	0,890	293	344	28,6	4,06	—	André jr.
*Toledo	"	0,901	290	335	—	3,56	+ 15	—

				Dunkle Zylinderöle.				
Steam refined A . . .	amer.	0,8989	289	342	27,5	3,99	—	Standard Oil Co. Asph.-Äth.-Alkoh. 1,1%, Benzin 0,03%
N	„	0,9032	304	356	34,9	4,55	—	Standard Oil Co. Asph.-Äth.-Alkoh. 1,6%, Benzin 0,04%
Locomotive	„	0,9033	319	366	45,3	5,5	—	Standard Oil Co. Asph.-Äth.-Alkoh. 1,8%, Benzin 0,05%
Extra LL	„	0,915	334	378	ca. 100	8,65	—	Standard Oil Co. Asph.-Äth.-Alkoh. 1,0%
Quadruple	russisch	0,925/35	265	310	35	ca. 3,5	+3	Albrecht & Co.
Viscosine 7	„	0,925	300	—	—	7/8	—	Nobel
„ 10	„	0,930	330	—	—	10	—	„
D.-B.	galiz.	0,972	274	—	38,3	3,48	+5	—
*Zylinderöl	rumän.	0,960	220/40	—	—	3/4	—	—
* „	„	0,960	240/60	—	—	3/6	—	—
*Rückstandsöl	deutsch	0,968	270	—	—	3,5	+25	nach v. Dallwitz
* „	„	0,967	237	—	—	6,5	+10	„ „ „
				Diverse nicht aus Erdöl gewonnene Öle.				
*Braunkohlenfettöl . .	—	0,895/905	110/130	—	2/2,5/20°	—	ca. 0	enthält wenn raff. kein Kreosot, sonst 1—2%
*Schwelteeröl	—	1,118	130	166	2,0/50°	—	—	enthält wenn raff. kein Kreosot, sonst 1—2%
*Braunkohlenöldestill.	deutsch	0,978	172	194	8,45	—		Benzinasph. 1,08%, Äth.-Alk.-Asph. 1,04%
* „	„	1,0074	171	189	6,12	—	—	Benzinasph. 0,64%, Äth.-Alk.-Asph. 1,12%
* „	„	1,0072	175	196	—	5,2/20°	—	Benzinasph. 0,46%, Äth.-Alk.-Asph. 0,24%
* „	„	0,9409	178	195	4,69	—	—	Benzinasph. 1,90%, Äth.-Alk.-Asph. 0,44%
* „	„	0,9910	141	159	2,70	—		Benzinasph. 0,94%, Äth.-Alk.-Asph. 0,24%
Anthrazenteeröl . . .	—	1,098	94	115	1,34	—	—	—

Name	Spez. Gewicht	Flamm-punkt	Brenn-punkt	Viskos. bei 20° C	Viskos. bei 50° C	Viskos. bei 100° C	Stock-punkt 0° C	Firma
Verschiedene Spezialöle.								
Dampfturbinenöl . .	0,875	225	290	16,5	3,3	—	—	Stern-Sonneborn A.-G.
Kompressorenöl . . .	0,898	180	225	13,0	3,25	—	—	„ „ „
Elektromotorenöl . .	0,870	210	240	—	3,21	—	—	E. Schliemann & Co.
Zentrifugenöl schwer .	0,905	200	230	—	3,01	—	—	„ „ „ „
*Transformeroil amer.	0,869	184	—	5,32	—	—	—2	0,0043% SO_3 — Teerzahl 0,05%
Transformatorenöl V 747	0,890	165	206	7,5	—	—	—	Stern-Sonneborn.
„ V 825	0,881	152	195	4,5	—	—	—	„ „
Stanzöl	0,877	130	—	3,04	—	—	+5	—
Werkzeugöl I	0,0033	181	—	11,2	—	—	0	—
„ II	0,8907	168	—	6,03	—	—	+2	—
Voltol Gleitöl GF . .	0,896	170	212	—	4,5	—	—	Stern-Sonneborn, Hbg.
Dynamoöl extra rot .	0,880	210	240	—	4,45	—	—	E. Schliemann, „
Gasmotorenöl 1 (gelb)	0,910	215	245	—	5,23	—	—	„ „ „
Turbinenöl extra (rötl.)	0,872	220	262	—	4,10	—	—	„ „ „
Ossag-Dieselmotoren-Lageröl	0,908	200	245	—	6,5	—	—	Stern-Sonneborn, „
Hochdruckkompr.-Öl .	0,888	260	310	—	20,0	3	—	„ „ „
Dieselmotorenöl I für Zylind. u. Luftpumpe	0,913	237	276	—	12,3	—	—	E. Schliemann, „
Dieselmotorenöl II für Lagerschmierung .	0,907	206	240	—	6,64	—	—	„ „ „
Kraftöl I	0,935	185	220	40	5,7	—	—8	Albrecht, „
„ extra	0,940	187	222	55	6,8	—	—8	„ „
„ 112	0,949	200	235	—	12	—	—	„ „
*Standmotorenöl . . .	910/940	190	230	—	9/10	—	—8	Stern-Sonneborn, „
*Umlaufmotorenöl . .	910/940	190	230	—	32/37	ca. 8	—4	„ „ „
*Autoöl, dünnfl. . . .	910/920	180/190	—	—	6/7	—	—5/—10	—
* „ mittel . . .	910/920	200	—	—	9,5/10	—	ca. 6	—
* „ dickfl. . . .	900/910	220	—	—	12/14	—	—	—
* „ extra dick .	900/910	225	—	—	ca. 15	—	—	—
*Öl f. gr. Luftkompress.	0,890	285	335	24,5	3,5	—	—	—

Eigenschaften der Öle geordnet nach Verwendungszwecken.

Handelsname oder Bezeichnung	Verwendung an Maschinen usw. und Bedingungen	% Kompoundier.	Spez. Gewicht	Engler-Viskosität	bei 0° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Stockpunkt	Bemerkungen
Zylinderöl I Sattdampf	Dampfmaschinen, mittlerer Druck, ohne Überhitzung	5	890/906	ca. 5/6	100	320	360	+ 7	
Zylinderöl II Heißdampf	Dampfmaschine, hoher Druck, Überhitzer	—	906	ca. 6	100	332	380	—	
Zylinderöl III Sattdampf komp.	Dampfmaschine, geringer Druck, kein Überhitzer, komp.	3/5	897/903	ca. 3,5	100	285	315	—	
Maschinenöl schwer	Sehr schwere heiße Lager, Fahrstuhlöl	—	909	ca. 5/6	50	230	258	+ 4	
Maschinenöl schwer	Schwere Lager, geringere Belastung	—	903/906	ca. 4	50	205	230	+ 2	
Maschinenöl schwer u. komp.	Schwere Lager, normale Belastung	5	903/909	3/4	50	203	231	+ 1/+ 2	
Maschinenöl mittel	Mittlere Lager, Pumpenzirkulation, Preßöler, Tropföler	5	880/885	3,2/3,5	50	200	230	0	
Kurbelgehäuse schwer	Dampfmaschine	—	895	ca. 2,7	50	225	250	— 1	
„ mittel	„	—	885	ca. 2,5	50	205	230	— 2	
„ leicht	„	—	865	ca. 2	50	200	230	— 3	
Turbinenöl schwer	Große Dampfturbine	—	872	ca. 3,3	50	215	240	— 6,5	
Turbinenöl leicht	Kleine Dampfturbine	—	865	2,7	50	200	228	—	
Kompressorenöl	Luftkompressoren, einstufig	—	895	ca. 15	50	255	285	+ 13	
Kompressorenöl leicht	Luftkompressoren, zweistufig	—	875	3,5/6,0	50	215	242	— 5/— 6	
Eismaschinenöl	Ammoniakkompressoren, zweistufig	—	890/897	ca. 6 ca. 2	20 50	175/180	215	— 20	

(Fortsetzung.)

Handelsname oder Bezeichnung	Verwendung an Maschinen usw. und Bedingungen	% Kompoundier.	Spez. Gewicht	Engler-Viskosität	bei 0° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Stockpunkt	Bemerkungen
Dynamoöl schwer	Große Dynamos, Motoren u. Ringschmierlager	—	872	3,3	50	215	242	—7	
„ mittel	Mittlere Lagermotore, Ringschmierlager	—	865	ca. 2,8	50	200	228	—	
„ leicht	Kleinere Motore, 1,3 bis 5 PS, kleine Ringschmierlager	—	889	ca. 2	50	175	203	—8	
Dunkles Maschinenöl	Gewöhnliche Lager mit geringer Geschwindigkeit	—	880	ca. 6	20	165	193	—9/—15	
Dunkles allgemeines Maschinenöl	Hebezeuge, leichte Aufzüge, allgemeine Maschinen kalt laufend	—	909/920	4,5	50	180/200	210/237	+5	
Dunkles allgemeines Maschinenöl mittel	Werkzeugmaschinen mit Druckpressen, große Drehbänke	—	897	ca. 2,8	50	180/195	200/220	0	
Spindelöl	Leichte Maschinen, Spinnmaschinen, Automaten usw.	—	858/875	4/8,5	20	175	198	—10/+5	
Webstuhlöl	Webstuhlöl, hohe Geschwindigkeiten, mittleres Gewicht	5 5/10	ca. 890/900 885	3,5/4,5 3,5	50 50	180/190 180	— 205	— —	
Gasmaschinenöl	Gasmaschinenzylinder, Spritz- u. Preßölung, Schmierung von Gasoline-, Auto- und Zugmaschinen	—	909	6/7 Großgasmaschine 8/9	100	215	242	—	

Besprechung der einzelnen Bedingungen bei besonderen Verwendungszwecken.

Anschließend hieran mögen nun die Verwendungszwecke und die Anforderungen, die an die Schmiermittel zu stellen sind, in knapper Form folgen. Der Übersicht dienen die dem Holdeschen Buch entnommenen Tabellen über die Anforderungen an Mineralöle. Die hier angeführten Werte und Zahlen gelten allerdings für die Zeit vor dem Kriege und sind heute nur bedingt maßgebend, geben aber immerhin einen Maßstab und Anhalt für das, was gefordert werden muß. Bei der Besprechung der einzelnen Klassen und Verwendungstypen wird auf besondere Punkte und Eigenarten dann noch im einzelnen einzugehen sein. Auf Vollständigkeit kann diese Zusammenstellung natürlich keinen Anspruch machen, sie soll vielmehr nur dazu dienen, dem Betriebsmann bei der Auswahl seines Schmiermittels einen Anhalt zu geben. (Vgl. folgende Tabellen.)

1. Zylinderöl für Lokomotiven und Dampfmaschinen.

Für die Schmierung der unter Dampf gehenden Teile der Lokomotiven und Dampfmaschinen jeder Art, also für Zylinder, Schieber, Ventile und Stopfbüchsen, dienen Öle von hoher Viskosität und hohem Flammpunkt. Je nach dem Grade der Überhitzung und der obwaltenden Temperatur unterscheidet man: Naß- oder Sattdampfzylinderöl und Heißdampfzylinderöl. Die am besten geeigneten Öle dieser Art sind die aus den pennsylvanischen Quellen herrührenden; und zwar unterscheidet man hier je nach Fabrikationsart destillierte und filtrierte. Weniger wertvoll sind die Öle der anderen Fundstätten mit asphaltöser Grundlage, speziell die der Weststaaten, und von noch geringerer Qualität sind die rumänischen und deutschen Zylinderöle. Russische Öle sind zurzeit wohl kaum auf dem Markt. Sie stehen bezüglich ihrer Qualität hinter den amerikanischen. Während des Krieges hat man auch Rückstandöle verwendet, das sind Mischungen resp. Lösungen von Destillationsrückständen in dünneren Ölen. Der Erfolg beim Gebrauch dieser Öle war höchst unerfreulich: die hohe Zähflüssigkeit in der Kälte fällt mit steigender Temperatur schnell ab; infolge ihres Gehalts an Pech und asphaltösen Stoffen sind diese Öle sehr klebrig und hinterlassen im Zylinder und an den Schiebern usw. große Mengen sehr harter Rückstände, die zur Zerstörung

Anforderungen an helle Maschinenöle

Hauptklasse	Untergruppe	Englergrad (E) bei °C		Spez. Gewicht bei 15° C × 1000	Kältepunkt (ep) mindest. flüssig bei °C
		20	50		
A. Leichte Maschinenöle E 4—25/20° 1,9—5,0/50° ep. Kl. I < —10 II < — 5 III < 0 IV < + 5	Eisenmaschinenöle	4,5/15	1,9/2,5	850/910	— 21
	Spindelöle	5/15	2/2,5	850/910	I — 10 II — 5 III 0 IV + 5
	Stellwerksöle für Eisenbahnbetrieb	10/20	—	903/918	— 15
	Spindelöl für feine Meßmaschinen	—	2/3	nicht unter 853	— 10
	Dampfturbinenöle	9/13	2,6/2,9	—	I — 10 II — 5 III 0
		—	3/5	850/900	—
	Öle für Luftkompressorzylinder mit selbsttätigen Ventilen	9,5/22	2,7/4,9	870/900	I — 10 II — 5 III 0
		mindest. 10	—	870/900	—
B. Schwere Maschinenöle E 25—60/20° 4,5—8/50° ep. Kl. I < —10 II < — 5 III < 0 IV < + 5	Lageröle f. kaltgehende Teile von Dampfmaschinen, Dynamos, Gaskraftmaschinen usw.	15/25	25/4,5	860/910	0
		30/40	5/7	900/915	—
	Dynamomaschinenöl	—	6/8	875/940	—
	Lageröl	—	5/7	903/928	— 10
		38/51	6/7,5	907/909	— 10 selt. höher
		—	nicht unt. 6	908/920	—

(reine Mineralöle).

Säuregehalt bes. als % Ölsäure höchstens	Flammpunkt °C mindestens		Die Eigenschaften sind vorgeschrieben von	Sonstige Bemerkungen
	Appar. Pensky Martens	o. T.		
0,07	145	—	—	—
0,07	140	—	—	Das typische russische Spindelöl Nobel II hat E bei 20° C = 12,3; bei 50° = 2,97; fp (Pensky) = 171°; ep = —15°; spez. Gew. 0,900.
0,07	160	—	den Preußischen Staatsbahnen 1907	—
0,07	140	—	der Kgl. Pulverfabr. Spandau 1911	—
0,07	175	—	—	Auch höher viskose Öle z. B. E bei 20° = 31,7, haben sich vereinzelt bewährt.
säurefrei	210	—	Brown, Boveri & Cie.	Öl in Normalbenzin völlig löslich, frei von Fett oder fetten Ölen.
0,07	200	—	—	Hohe Temperaturen treten bei selbsttätigen Ventilen nicht ein.
—	160	—	den Bayrischen Staatsbahnen 1907	—
0,07	—	200	den Preußischen Staatsbahnen 1907	—
säurefrei	175	—	den Bayrischen Staatsbahnen 1907	—
0,07	190	—	der Kgl. Pulverfabr. Spandau 1911	—
0,21	160	—	desgl.	Das typische russische Schwermaschinenöl Nobel I hat E bei 20° = 41; bei 50° = 6,6; fp (Pensky) = 213°; ep unter — 10°; spez. Gewicht 0,907.
0,07	193/201	—	—	In behördlichen Betrieben bewährte Öle.
0,07	180	—	der Kaiserl. Werft Wilhelmshaven	—

Anforderungen an

Hauptklasse	Untergruppe	Englergrad (E) bei °C		Spez. Gewicht bei 15 °C × 1000	Kältepunkt (ep) mindest. flüssig bei °C
		20	50		
		20/30	4/6	910/930	—

Anforderungen an helle Mineral-

Hauptklasse	Untergruppe	Englergrad (E) 20	Englergrad (E) 50	Spez. Gewicht	Kältepunkt
C. Gasmotorenöle	a) Öle für kleine und größere Gasmotoren	12,4/77	3,4/8,2	—	I < −10 II < − 5 III < 0 IV < + 5
	b) Öle für Großgasmotoren von 1000 PS	77/130	8/15	—	Desgl.
D. Dieselmotorenöl	für Zylinder und Luftpumpe, Kolben und Kurbelzapfen	—	9/10	—	— 5
	für die Lager, Steuerung und Regulator	—	höchstens 7	—	— 10
E. Automobilzylinder- und Getriebeöle[1]	dickflüssiges Motoröl (Sommer)	42/80	7/11	880/940	—
	dünnflüssiges Motoröl (Winter)	20/42	4/7	870/940	— 12
	für die Zylinder	20/85	4,4/10,8	—	—
	für Zylinder und Getriebe	—	8/15	—	—
F. Zentrifugalluftpumpenöl	—	60/80	—	—	—
G. Zentrifugalwasserpumpenöl	—	3/8 (höchstens 10)	—	—	—

Kompoundmaschinenöl.

Säuregehalt bes. als % Ölsäure höchstens	Flammpunkt °C mindestens		Die Eigenschaften sind vorgeschrieben von	Sonstige Bemerkungen
	Appar. Pensky Martens	o. T.		
1,06	175	—	den Bayrischen Staatsbahnen 1910	Reinstes, helles Mineralöl mit mindestens 10% Rüböl, frei von Wasser und mechanischen Verunreinigungen.
schmieröle für Explosionsmotoren.				
0,07	190/211 selten niedriger bis 170	—	—	Öle von E bei 20° = 16,4 und fp (0) = 218° haben sich für Motoren von 2/8 PS, ein Öl mit 3% Knochenöl E 23,4 bei 20° mit fp (0) = 196 für Motoren von 150 PS in behördl. Betrieben bewährt.
0,07	210	—	—	—
0,07	—	220/240	—	Höchstens 10% von konz. Schwefelsäure zerstörbare Stoffe.
0,07	—	190/210	—	Desgl.
0,00	—	210	den Verkehrstruppen	Helles,durchscheinendes,reines Mineralöl.
0,00	—	195	Desgl.	Desgl.
0,07	185/215[2])	—	Allgemeine Erfahrungen K.M.A.	[1]) Automobilöle dürfen nicht zu hochsiedend sein, da ein Teil des Schmieröls im Explos.-Zylinder immer mitverbrennt. Je höher siedend und dickerflüssig das Öl ist, desto unvollständiger verbrennt es. [2]) Vereinzelt bis 175.
— 0,07	206/240	—	Desgl.	—
—	185/215	—	—	Dünneres Öl z. B. E_{20} = 7,8/9,8 wird erfahrungsgemäß fortgeschleudert.
—	—	—	—	Öl von E_{20} = 17,8 ergab bei Ringschmierlager bereits Heißlaufen.

Anforderungen an dunkle Mineralöle

Hauptklasse	Eisenbahn-verwaltung	Englergrad (E) bei °C		Spez. Gewicht bei 20° C × 1000	Aufstieg im 6 mm U-Rohr mindestens 10 mm bei °C
		20	50		
H. Sommeröl	Preußen 1907 Württemberg, Reichslande 1912	40/60	7/10	900/940	— 5
	Bayern 1907	50/80	7,5/11	905/940	— 5
	Baden 1910	25/60	6/10	900/950	— 5
	Sachsen 1910	40/60	6,5/10	—	— 5
I. Winteröl	Preußen 1907 Württemberg, Reichslande 1912	25/45	4,5/7,5	900/940	— 20[2])
	Bayern 1907	25/50	4,5/7,5	905/940	— 15[3])
	Baden 1910	25/60	6/10	900/950	— 12
	Sachsen 1910	25/45	4/7	—	— 20

der betreffenden Maschinenteile führen. Vielfach kommt es zum Undichtwerden der Stopfbüchsen, die Gleitflächen werden von den harten Krusten abgeschliffen. Kolben und Triebwerksteile brechen und die Zylinderdeckel werden gesprengt. Die Gefahr solcher Rückstandsbildungen liegt mehr oder weniger bei allen Zylinderölen vor, so daß es angebracht erscheint, etwas eingehender hierüber zu sprechen.

Öffnet man nach einer gewissen Arbeitszeit den Zylinder und Schieberkasten einer Maschine, so beobachtet man sehr häufig in ihnen pechartige und kohlige Massen, welche unverändertes Öl einschließen und einen mehr oder weniger großen Gehalt anorgischer Substanz enthalten. Man wird auf diese Rückstände meist erst aufmerksam, wenn eine grobe Störung im Betriebe sich bemerkbar macht oder wenn der Zylinder bereits gesprungen.

für Eisenbahnwagenachsenschmierung.

Säuregehalt bes. als % Ölsäure höchstens	Flammpunkt °C mindestens		Sonstige Bemerkungen
	Apparat Pensky-Martens	o. T.	
2,12	—	160	Höchstens 0,2 % in Normalbenzin unlösliche Stoffe.
2,12	145	—	Höchstens 0,3 % in Normalbenzin unlöslich.
0,19	—	150[1])	[1]) Bp > 190, höchstens 0,5 % in Normalbenzin unlöslich, höchstens 6 Vol.-% unter 300° siedende Anteile, höchstens 13 % Destillationsrückstand.
0,00	—	—	—
2,12	—	145	Höchstens 0,2 % in Normalbenzin unlösliche Stoffe. [2]) Probe vor dem Versuch auf 50° erhitzt.
2,12	135	—	Höchstens 0,3 % in Normalbenzin unlöslich. [3]) Nach wiederholtem Abkühlen.
0,19	—	150[4])	Höchstens 0,5 % in Normalbenzin unlöslicher Asphalt, höchstens 6 Vol.-% unter 300° siedende Anteile, höchstens 13 % Destillationsrückstand. [4]) Bp > 190.
0,00	—	—	—

(Fortsetzung der Tabellen S. 290/291.)

Die Ursachen dieser Rückstandsbildungen können sehr mannigfaltiger Art sein und liegen nicht immer klar zutage. Meist wird diese Bildung auf örtliche Überhitzungen oder auf Oxydationsvorgänge zurückzuführen sein. Man wird also nach den Umständen suchen müssen, welche diese Erscheinungen begünstigen. Örtliche Überhitzungen werden hauptsächlich dort hervorgerufen, wo irgendwelche fremden Bestandteile in den Mechanismus hineingeraten sind. Durch grobe Fahrlässigkeit oder infolge mangelhafter Wartung der Maschine dringen Staub, Sand oder Schmutz in den Zylinder und das Getriebe ein, bilden mit dem Öl ein inniges Gemenge, welches alsdann eine Erhöhung der Reibung bewirkt. Diese gesteigerte Reibung ist mit Temperaturerhöhung der Zylinderwandungen verbunden, welches der Oxydation und Verkohlung des Schmieröles bedenklichen Vorschub leistet. Denkbar ist es natürlich auch,

Eigenschaften bewährter

Hauptklasse	Bedingungen der	Zulässiger Gehalt an fettem Öl %	Englergrad (E) bei °C		Spez. Gewicht 15° C × 1000
			50	100	
K. Naßdampf-zylinderöle	Kgl. Pulverfabrik Spandau 1911	0	—	mindest. 4	—
	Preußischen Staatsbahnen 1909	5	—	desgl.	bei 20° nicht unter 885
	Bayrischen Staatsbahnen 1910	0	—	mindest. 3[1])	890/950
	Württembergischen Staatsbahnen 1909	5	—	mindest. 4[2])	890/950
	Badischen Staatsbahnen 1910	0	mindest. 30	mindest. 3	890/940
	Militäreisenbahn Preußen	0	—	etwa 4	885/900
	Reichslande 1912	7,5	—	mindest. 4	893/923
	—	—	25/40	3,5/5	—
L. Heißdampf-zylinderöle	Kgl. Pulverfabrik Spandau 1911	0	—	mindest. 4	—
	Kgl. Bergwerksdir. Hindenburg O.-S.	5	—	7,2	906
	Preußischen Staatsbahnen 1910	0	—	mindest. 6,7	bei 200° mindestens 900
	—	0/10	45/60	5/8 (vereinzelt bis 10)	—
	Bayrischen Staatsbahnen 1910	0	—	5/7[3])	890/950
	Württembergischen Staatsbahnen 1909	5	mindest. 60	mindest. 7[4])	890/950

*) Schwarz, Mitteilungen 27, 19, 1909.

Dampfzylinderöle.

Flammpunkt °C mindestens		Verdampfungsmenge in 2 Stunden %	Säuregehalt ber. als % Ölsäure höchstens	Aschegehalt %	Sonstige Bemerkungen
Apparat Pensky-Martens	o. T.				
260	—	—	0,07	—	Für gespannten Dampf von 11 Atm.
265	—	bei 200° nicht > 0,2	0,7	—	—
250	280	bei 200° nicht > 0,1	0,35	—	[1]) E bei 150° über 1,5. In Normalbenzin klar löslich, höchstens 1,5% alkoholätherunlöslich. Asphalt.
265	280	bei 200° nicht > 0,2	0,49	muß fehlen	In Normalbenzin klar löslich, höchstens 1% alkoholätherunlöslich. Asphalt. [2]) E bei 150° nicht unter 1,5.
—	270	—	0,11	—	Bei +15° fließend. in Normalbenzin klar löslich.
290/300	—	—	0,21	—	Bei Zimmerwärme fließend.
275	—	bei 200° nicht > 0,2	0,21	—	Gemisch aus 92,5% raff. Mineralöl und 7,5% Talg.
250	—	—	—	kleiner als 0,1	Allgemeine Erfahrungen *).
285	—	—	0,07	—	—
300	—	—	0,07	—	Bis 0,4% Benzin unlöslicher Asphalt.
300	—	—	0,7	—	In Normalbenzin höchstens 0,2% unlöslicher Asphalt; E bei 180° über 1,6.
nahe bei 300° oder darüber	—	—	—	kleiner als 0,1	Allgemeine Erfahrungen *).
300	320	nach 6h bei 300° nicht > 0,3	—	—	Kein Rückstand mit Normalbenzin, mit Ätheralkohol höchstens 1% Asphalt. [3]) Bei 180° E mindest. 1,5.
300	334[5])	bei 350° nicht > 0,2	0,49	muß fehlen	[4]) Bei 180° E mindest. 1,6. [5]) Bp nicht unter 378.

daß, selbst wenn keine außerhalb des Öles liegenden Gründe vorliegen, auch ein sonst ganz normales Öl zur Rückstandsbildung Veranlassung geben kann. Durch die dauernde Einwirkung der sehr hohen Temperatur und des überhitzten Dampfes werden die leicht siedenden Anteile im Öle nach und nach verflüchtigt und es hinterbleibt eine immer zähflüssigere und kohlenstoffreichere Masse. Durch Oxydation und Polymerisationsvorgänge verwandeln sich dann die zähflüssigen Massen allmählich in mehr oder weniger harte kohlige Produkte. Das Metall der Lager, mit dem ja das Öl in ständige Berührung kommt, wirkt bei der Oxydation als Katalysator. Wenn man bedenkt, daß derselbe Vorgang dauernd stattfindet, und zwar Einwirkung von stark überhitztem Wasserdampf auf das über eine größere Oberfläche verteilte Öl, und daß sich bei sehr langem ununterbrochenem Betriebe die an und für sich sehr kleinen Mengen der gebildeten Ölrückstände häufen und sich dann zu größeren Aggregaten sammeln, so ist es wünschenswert, daß in nicht zu großen Abständen die Zylinder und Kolben nachgesehen und gereinigt werden. In den meisten Fällen ist allerdings die erste Ursache nicht in dem Öl zu suchen und die Auffindung von anorganischen Bestandteilen im Rückstand, und ihre genauere Untersuchung gibt meist einen Hinweis für die wahre Entstehungsursache. In sehr vielen Fällen findet sich Eisenseife, zuweilen auch Sand und andere dem Öle wesensfremde Bestandteile.

Nichtsdestoweniger ist die Qualität des Öles von großer Bedeutung, da die Neigung zur Koksbildung und zum Oxydieren bei den verschiedenen Ölen außerordentlich stark differiert. Zur Beurteilung dieser Eigenart dient die Feststellung des Gehalts an in Benzin oder Äther-Alkohol unlöslichem Asphalt. Je kleiner dieser Betrag, um so resistenter ist das Öl gegen oxydative Einflüsse. Aus der Tabelle (Seite 190) ist zu ersehen, welche Maximalwerte die Staatsbahnen vor dem Kriege zuließen. Später ist der limitierte Prozentsatz wesentlich erhöht worden, da man sich nach dem Rohmaterial und den Herstellungsverfahren richten mußte. Die einzig im Kriege zur Verfügung stehenden deutschen und rumänischen Öle sind durchweg sehr asphaltös, es wurden daher Öle mit bedeutend höherem Gehalt, für Sattdampf = 3,5 %, für Heißdampf = 1,0 % zugelassen. In der Technik wurden oft Destillate mit noch höherem Asphaltgehalt verschmiert. Die Intensität der Zersetzung wächst mit der Temperatur des überhitzten Dampfes; demnach muß das Öl diesen Temperaturen angepaßt sein, es

müssen also für Heißdampfzylinder Öle hoher Fraktion, d. h. mit hohem Flammpunkt verwendet werden. Für Sattdampfmaschinen rechnet man mit einem Flammpunkt von 260 bis 300°, für Heißdampfmaschinen mit einem Flammpunkt von 300° und darüber. In den Zeiten mangelnder Einfuhr hat man übrigens die Grenze heruntergesetzt, bis auf 200 bis 220° im offenen Tiegel für nassen, resp. 260 bis 275° für überhitzten Dampf. Nach den neueren Untersuchungen von Hilliger und von Heimpel[1]) liegt die Gefahr einer Verbrennung oder Explosion im Zylinder bei niedrigflammenden Ölen nicht vor, da ja der notwendige Sauerstoff fehlt, außerdem sind die Flammtemperaturen für die im Zylinder herrschenden Verhältnisse ganz unbekannt. Der Flammpunkt ist bekanntlich abhängig von der Siedetemperatur, und diese wiederum von dem herrschenden Druck. Bisher bestehen aber keine Messungen über die Abhängigkeit dieser Größen voneinander. Wertvoll wäre es, zu wissen, wieweit die mittlere Temperatur der Zylinderwand vom Siedepunkt des Öles bei Expansion, also abfallendem Druck, entfernt liegt, und ob das Öl noch flüssig bleibt oder sich unter diesen Umständen verflüchtigt und womöglich hierbei Abscheidung von Kohlenstoff, Zersetzung und Verminderung des Schmiereffekts eintritt Praktische Versuche haben auf jeden Fall erwiesen, daß auch Öle mit niedrigerem Flammpunkt als die Dampftemperatur, bei gleichmäßiger und ausreichender Zuführung lange Zeit verwendet werden konnten.

Von großer Wichtigkeit und mit dem Flammpunkt in naher Beziehung stehend ist die Größe der Verdampfbarkeit. Bei Berücksichtigung der im Zylinder obwaltenden Verhältnisse ist es evident, daß ein gutes Öl eine möglichst geringe Verdampfbarkeit aufweisen muß, da ja sonst im Zylinder große Verluste entstehen. Zur Bestimmung der Verdampfbarkeit wird das Öl mehrere Stunden bei 100° in einer flachen Schale, so daß Luft reichlich hinzutreten kann, erhitzt und die Gewichtsabnahme bestimmt. Von Vorteil ist auch dann, nochmals das in Benzol Unlösliche zu bestimmen, um daraus ein Maß für die Zersetzlichkeit oder Neigung zur Rückstandsbildung zu gewinnen. In den Bedingungen der Staatsbahnen wird eine Abnahme nicht höher als 0,2 % bei Erwärmen auf 200° während zwei Stunden verlangt.

Auf Grund von Forschungen über die Oberflächenspannung und des damit verbundenen Anhaftvermögens von Ölen, sowie

[1]) Heimpel, Zeitschr. f. Dampfkessel H. 12, 1915.

auf Grund von praktischen gewonnenen Erfahrungen setzt man den Zylinderölen sehr häufig 3 bis 5 % fettes Öl, Knochenöl oder Talg hinzu. Sehr günstig ist auch die Wirkung eines Zusatzes von sehr zähflüssigem Voltol, welches in der Wasserdampfatmoshpäre langsam verseift, dann aber einen sehr gut haftenden Ölfilm erzeugt. Die Wirkung dieser an und für sich geringfügigen Fettzusätze ist folgendermaßen zu erklären: Bei Zusammentritt des Öles mit dem überhitzten Wasserdampf tritt eine teilweise Spaltung des Fettes in Fettsäure und Glyzerin ein, und nachgewiesenermaßen bewirkt die Gegenwart von freier Fettsäure eine Herabsetzung der Oberflächenspannung des Öles. Hiermit ist eine Veränderung der kapillaren Kräfte verknüpft, d. h. das Adhäsionsvermögen ist stark erhöht. Die gleichzeitig einsetzende geringfügige Verseifung veranlaßt die Bildung einer sehr feinen Emulsionsschicht zwischen Öl und Wasser, welche Zylinder- und Kolbenwand gleichmäßig bedeckt. Mit der Ausbildung einer solchen möglichst dünnen, aber gut haftenden Ölschicht ist die Schmierwirkung und die Ökonomie aufs engste verknüpft. Man will auch beobachtet haben, daß die kompoundierten Öle weniger zu Rückstandsbildung neigen, und daß sie weichere Abscheidungen geben, die sich leicht von den Metallwandungen loslösen.

Neben diesen Vorzügen dürfen allerdings die den kompoundierten Ölen anhaftenden Übelstände nicht übersehen werden. Infolge des Auftretens der freien Fettsäuren ist zu befürchten, daß das Metall angegriffen wird, und in der Tat findet man in gebrauchten Zylinderölen nicht unbeträchtliche Mengen Eisenseifen. Für gebrauchte und wiedergewonnene Öle soll der Aschengehalt 0,1 % nicht übersteigen. Während bei guten Ölen der Säuregehalt höchstens 0,01 % als SO_3 beträgt, kann bei bereits gebrauchten Ölen, die wieder in Gebrauch genommen werden sollen, eine Menge von 0,1 % SO_3 geduldet werden, ohne daß man direkt eine Schädigung zu befürchten hätte. Ein weiterer Nachteil der kompoundierten Zylinderöle ist der, daß bei Maschinen, die mit Oberflächenkühlung arbeiten, das im Wasser emulgierte Öl in den Kessel gelangt, sich als Fettschlamm absetzt und zu unangenehmen Störungen führt. Die starke Emulgierbarkeit verhindert auch eine wirksame und weitgehende Wiedergewinnung des gebrauchten Öles. Einigermaßen zweifelhaft scheinen die jüngst von Hilliger[1]) angegebenen Tatsachen, daß Ölemulsionen, bestehend aus 55 % Öl und

---

[1]) Hilliger, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 65, S. 248/49.

45 % gesättigtem Kalkwasser (1,2 g im Liter), besonders gute Schmiereigenschaften besitzen sollen, bessere als die reinen Öle und auch bei höherer Temperatur ihre Schmierfähigkeit bewahren sollen. Es dürfte interessieren, wie sich dieser Ölersatz bei längerem Gebrauch bewährt.

Die Anforderungen an die Zähflüssigkeit sind meist nicht sehr streng 2,5 bis 4^0 E_{100} für Sattdampf-, 3 bis 7^0 E_{100} für Heißdampfzylinderöle. Öle, die bei gewöhnlicher Temperatur allzu zähflüssig sind, sind insofern nicht geeignet, da sie nur schwer aus den Schmieröffnungen herausfließen und nur bei Druckschmierung Verwendung finden können. Es ist ferner zu bedenken, daß bei den sehr hohen, an den Kolbenwandungen herrschenden Temperaturen die Zähflüssigkeiten der einzelnen Öle nur unwesentlich voneinander abweichen. Die für gewöhnlich geforderten Viskositäten bei 100^0 sind aus der Tabelle zu ersehen, doch sei bemerkt, daß im Kriege auch Öle mit einer Viskosität von 2 bis 3^0 E_{100} zur Verwendung gelangten.

Eine in der Technik beliebte Probe zur Beurteilung eines Öles ist die Fettfleckprobe. Man gibt einen Tropfen Öl auf ein gehärtetes Stück Filtrierpapier und beobachtet im durchfallenden Lichte. Reine Zylinderöle geben ein klares gleichmäßiges Bild, Rückstandsöle zeigen im Bilde viele wahllos verteilte schwarze Punkte, die von nicht gelösten kohleartigen und asphaltartigen Teilchen herrühren.

Bezüglich des Schmierölverbrauchs mögen noch einige Zahlen folgen, die Götze[1]) hierfür angibt. Der Verbrauch an Dampfzylinderöl liegt zwischen 2,5 bis 4 g auf 10000 qm der von dem Kolben im Zylinder durchlaufenen Gleifläche. Die oberen Werte kommen bei kleineren Maschinen mit Schiebersteuerung und nassem Dampf, die unteren bei großen Verbundmaschinen mit Ventilsteuerung in Frage. Auf Krafterzeugung berechnet, erhielt man 0,24 g Zylinderöl je Pferdestärke und Stunde.

2. Öle für Zylinder der Explosionsmaschinen.

Wesentlich anders als bei den mit Dampf betriebenen Maschinen liegen die Bedingungen für die Schmierung der Zylinder von Explosionsmotoren jeglicher Art, nämlich von Großgasmaschinen, Dieselmotoren, Auto- und Flugzeugmotoren. Herrschen in den Heißdampfzylindern Temperaturen von 300 bis

---

[1]) Dipl.-Ing. Götze, Ztschr. d. Ver. D. Ing. 1920, S. 286.

350°, so steigen die Temperaturen im Zylinder der Verbrennungsmotore bis auf 1400° im Augenblick der Explosion, sinken aber im Stadium der Expansion auf ca. 300°. Infolgedessen müssen alle die mit den heißen Gasen in Berührung kommenden Maschinenteile durch geeignete Luft- oder Wasserkühlung dem Einfluß der Hitze möglichst entzogen werden, da sie sonst zu schnell zerstört werden. Infolge der innerhalb des Zylinders herrschenden hohen Temperatur verbrennt der Teil des Öles mit dem Verbrennungsstoff, welcher vom Kolben abgestreift in den Explosionsraum eintritt oder sonstwie aus der Zone der gekühlten Wandungen entfernt wurde. Ist diese Verbrennung nicht vollständig, so liegt der Grund darin, daß die hohe Temperatur nur so kurze Zeit anhält und daß das Sauerstoffquantum nicht ausreicht. Von großem Einfluß ist hierbei auch die Qualität des Öles. Reine Mineralöle verbrennen besser und vollständiger als fette Öle. Man wird daher diese Öle selten mit fetten Ölen kompoundieren. Sehr zähflüssige Öle in der Art der Zylinderöle sind für diese Schmierung nicht geeignet, da sie infolge ihres hohen Kohlenstoffgehaltes, ihres hohen Flammpunktes und ihres Gehaltes an Asphalt nur schwer vollständig verbrennen. Man muß nämlich in Betracht ziehen, daß die Zylinderwandung durch die Kühlung selten Temperaturen, die über 150° steigen, annimmt, so daß diese hochviskosen Öle den Verhältnissen absolut nicht angepaßt wären. Auch die Geschwindigkeit der Bewegung ist meist viel größer bei dieser Art Maschinen, als beim Dampfzylinder. Ungeeignete Öle geben dann die Veranlassung zur Bildung und Abscheidung von kohligen Rückständen. Die unvollständige Verbrennung der Öle im Explosionszylinder macht sich äußerlich durch Austritt von sehr übelriechenden, bläulich gefärbten Verbrennungsgasen bemerkbar. Die im Kolben selbst sich absetzenden Rückstände bewirken ein Zusetzen der Ventilsitze, Versagen dieser, Abschleifen der Kolben und der Zylinderwandungen und damit die weitere Veranlassung zu sehr unliebsamen Betriebsstörungen, Es hat sich nun in der Praxis gezeigt, daß für diese recht subtilen Zwecke mäßig viskose und nicht zu kohlenstoffreiche Raffinate sich bewährt haben. Während das Öl mindestens so viskos sein muß, daß es bei den im Zylinder herrschenden Temperaturen an dessen Wandungen und Gleitflächen anhaften soll, so müssen andererseits die kleinen Mengen, die beim Abstreifen von den Kolbenringen in den Explosionsraum gelangen, rückstandslos verbrennen. Unter Berücksichtigung der hier erwähnten Umstände und der durch

die Verwendung sonst geforderten Ansprüche eignet sich als Schmiermittel für Explosionszylinder ein gutes Raffinat mit einer Viskosität von 6 bis 8 Englergrad bei 50° C und einem Flammpunkt von 200 bis 220° C im offenen Tiegel. Zweckmäßig stellt man den Flammpunkt im Pensky-Apparat fest — es genügt dann ein Flammpunkt von 180 bis 200° C —, um auch die niedrig siedenden Bestandteile zu erkennen, welche, wenn in größeren Mengen vorhanden, zu unliebsamen Frühzündungen Anlaß geben können. Je nach den Umständen kann die Viskosität auch höher gewählt werden. Man muß sie den Zylinderdimensionen, der Anzahl der Explosionen in der Minute und der Art der Kühlung, ob mit Wasser oder Luft, anpassen. Raschlaufende luftgekühlte Motoren verlangen ein viskoseres Öl als langsam laufende mit Wasser gekühlte Maschinen, einzylindrige Motoren beanspruchen wieder zähere Öle als mehrzylindrige. Ein zu niedriger Flammpunkt ergibt eine zu große Verdampfung und Verbrennung auf den Laufflächen der Zylinder und führt daher zu Verschwendung des Schmierstoffes. Auf die Mängel der zu viskosen und zu hoch flammenden Öle wurde oben bereits hingewiesen. Das Öl muß säurefrei sein und frei von Asche, es muß so gut raffiniert sein, daß die teerigen und asphaltösen Stoffe fast gänzlich daraus entfernt sind. Kennzeichnend für die Güte des Öles ist die Verteerungszahl, die ein Maß ist für seine Sauerstoffaufnahme. Die Säurezahl als SO_3 berechnet soll 0,01 % nicht übersteigen, höherer Säuregehalt, auch Spuren freier Fettsäuren veranlassen die Entstehung fester Metallseifen. Ebenso dürfen nur Spuren von Asche zugegen sein; Mengen von 0,1 bis 0,2 % alkalisch reagierender Rückstände, wie sie in einigen amerikanischen Ölen gefunden wurden, haben zu sehr unangenehmen Störungen im Betriebe geführt. Nach Marcusson[1]) fand sich in einem Wasserstoffkompressor eine Ölkohle folgender Zusammensetzung:

6 % Mineralöl,
14 % chloroformlösliche unverseifbare Asphaltene,
53 % größtenteils chloroformunlösliche Asphaltogensäuren,
27 % Asche, Na_2CO_3 und SnO_2.

Diese Rückstände stammten aus einem Texasraffinat:

Gew.	0,938
Säurezahl	0,5
Verteerungszahl	0,8 %
Asche	0,16 %
entspricht einem Seifengehalt	0,7 %.

---

[1]) Marcusson, C. 1921, II, S. 150.

Von einer gewissen Bedeutung ist dann noch der Stockpunkt der Öle. Bei im Freien arbeitenden Motoren, z. B. bei Autos und Flugmaschinen, ist ein niedrigstockendes Öl durchaus erforderlich. Meist wird ein Stockpunkt von —5 bis —10° verlangt. In Friedenszeiten wurden meist russische Öle oder diese im Gemisch mit amerikanischen hellen Zylinderölen verwendet. Die mittleren russischen Öle wurden durch Zusatz bestimmter Mengen Zylinderöl auf die gewünschte Viskosität gestellt. Zur Prüfung der Reinheit und des Raffinationsgrades dient die Feststellung der Teerzahl und der Verteerungszahl, event. auch der Koks- und der Verkokungszahl, deren Beschreibung auf Seite 102, 103 zu finden ist.

Auch die Feststellung des Verdampfungsverlustes ist ein gutes Kriterium für die Eignung des Öles als Explosionsmotorenöl. Je geringer die Verdampfbarkeit, um so sparsamer ist das Öl im Gebrauch. Große Unterschiede in den Anforderungen für Gasmaschinen, Automobilmotore, Petroleummotore oder Spritmotore sind nicht vorhanden; allerdings richtet sich die Viskosität nach der Größe des Motors. Im Laufe des Krieges angestellte Versuche, die Raffinate durch Destillate zu ersetzen, führten zu einem völligen Mißerfolg. Die Abscheidungen in den Kolben waren stets beträchtlich, sie sind auf die ungesättigten Kohlenwasserstoffe zurückzuführen, die unter dem Einfluß der Wärme sich besonders leicht zersetzen.

Von bedeutendem Einfluß auf die Rückstandsbildung ist die Reinheit der Verbrennungsluft sowie der zu verbrennenden Gase und Öle. Die Gegenwart von Staub und Schmutz, die mit diesen Gasen in den Zylinder gelangen, begünstigt natürlich die Bildung von Ölrückständen. Die Zusammensetzung der Verbrennungsgase — Teer und schwefelhaltige aus Generatoren, staubhaltige aus Koksöfen — bedingen in sehr vielen Fällen die angedeuteten Störungen, ohne daß das Schmieröl irgendwie direkt daran beteiligt wäre. Eine Reinigung der gasförmigen Anteile vor dem Eintritt in den Verbrennungsraum ist daher erforderlich.

Der Ölverbrauch schwankt bei den Großgasmaschinen in weiten Grenzen. Er beträgt für Zylinderschmierung 0,5 bis 0,9 g pro PS/st oder 0,85 bis 1,6 g pro KW/st, für die übrige Schmierung 0,3 bis 0,7 g pro PS/st oder 1,5 bis 3,0 g pro KW/st. Bei diesen mit unveränderter Drehzahl laufenden Maschinen kann bei der Zylinderschmierung der Ölverbrauch auch auf die vom Kolben durchlaufene Gleitfläche bezogen werden. Dabei wurde ein Zylinderölverbrauch von 3,5 bis 5 g für 100 qm Gleitfläche,

die im Zylinder und Stoffbuchse durchlaufen wurde, gefunden. Es ist unzweckmäßig, für die Zylinder- und Stopfbüchsenschmierung das gleiche Öl wie für die Umlaufschmierung der übrigen Maschinenteile zu verwenden. Eine Übersicht, welche Öle bei einer Dieselmaschine zweckmäßig verschmiert werden, gibt nachstehende Tabelle:

Qualitätsvorschriften für Schmieröl für liegende, doppelwirkende M. A. N. - Dieselmotoren.

Verwendung	Viskosität bei 50° C	Flammpunkt Pensky-Martens	Kältebeständigkeit
Zylinder und Kolbenstange	9—12	220—240	bei —5° noch fließend
Kurbelzapfen, Kreuzkopf-Kurbellager . .	7—8	220—240	bei —5° noch fließend
Luftpumpenzylinder .	4—5 bei 100° C	nicht unter 300° C	bei +8° noch fließend

Die Mineralöle sollen vollständig rein, frei von Säure, Harzen und Fetten sowie Wasser sein. Sie müssen sich in Benzin klar und ohne Rückstand lösen. Der Gehalt an Substanzen, die durch konzentrierte Schwefelsäure zerstörbar sind, darf höchstens 6% betragen, beim Öl zur Schmierung der Luftpumpe höchstens 5%.

Auto- und Flugzeugmotorenöle.

Mit Rücksicht auf die große Bedeutung der Kraftwagen und Flugzeuge sei noch etwas eingehender auf die Schmierung der hierfür in Frage kommenden Motore eingegangen.

Für die verschieden starken Automobilmotore unterscheidet man:

Autoöl	Visk. bei 50° C
dünnflüssig	6—7
mittelflüssig	9—10
dickflüssig	12—14
extra dickflüssig	über 14

Es ist zu bedenken, daß diese Kraftwagenmotore sehr schnell laufen und daß in ihnen sehr viele (500 bis 1000) Explosionen in der Minute erfolgen; somit ist es schwierig, selbst mit Wasser eine ausreichende Kühlung zu erreichen. Es muß

daher ein Öl gewählt werden, das sowohl den hohen Temperaturen widersteht, als auch bei den großen Geschwindigkeiten nicht abgeschleudert wird. Daraus erklärt sich die relativ hohe Zähflüssigkeit, die von den Autoölen verlangt wird. Eine gewisse Schwierigkeit tritt noch dadurch hinzu, daß man für die Schmierung der übrigen Maschinenteile, wie Kurbelzapfen usw., das gleiche Öl verwenden möchte, obwohl die Ansprüche hierfür natürlich nicht so hohe sind. Man muß also die hier wirksamen Umstände ebenfalls in Betracht ziehen und sich zu einem Kompromiß entschließen zwischen den Forderungen des Explosionszylinders und den Erfordernissen für die Schmierung der Kurbel und Zapfen des Wagens. Für die kalte Jahreszeit ist ein erst bei —10° stockendes Öl notwendig. Für Sommer und Winter verwendet man in ihrem Stockpunkt verschiedene Öle.

Eine besondere Stellung nehmen die Öle zur Schmierung der Umlaufmotore ein. Diese Maschinen sind dadurch gekennzeichnet, daß hier eine unpaare Zahl von Zylindern um die zentral angeordnete Achse rotiert. Temperatur und Geschwindigkeit sind außerordentlich hoch und die Schmierstoffzufuhr dergestalt, daß das Öl direkt in die Zylinder mit dem Brennstoff zusammen eingespritzt wird. Reines Mineralöl ist nicht geeignet, es wird nämlich von dem Treibmittel, dem Benzin, gelöst, es kommt nicht zur Bildung einer schmierenden Schicht an den Wandungen der Zylinder, und die Kolben fressen sich alsbald fest. Für diesen ganz einzigartigen Zweck kommt allein das Rizinusöl in Frage, welches die Eigentümlichkeit besitzt, in Erdöl und dessen Derivaten nahezu unlöslich zu sein. Überdies hat das Rizinusöl eine sehr hohe Viskosität (140° E bei 20° C = ca. 17° E bei 50°); es haftet gut an den Kolbenwandungen und verbrennt nahezu rückstandslos. Auch seine Kältebeständigkeit ist sehr groß (—10 bis —18°), so daß es auch im Winter keine Störungen gibt. Der Säuregehalt des Öles muß so niedrig als möglich gewählt werden. In Amerika werden folgende Anforderungen an ein Rizinusöl für Flugzeugmotore gestellt: Spezifisches Gewicht = 0,959 bis 0,968, vollständig löslich in 4 Teilen 90%igem Alkohol, nicht über 1,5% freie Fettsäure, Jodzahl 80 bis 90, Verseifungszahl 176 bis 187, Unverseifbares weniger als 1%, Flammpunkt 232°, Stockpunkt —17,8° C, Abwesenheit von Harz, Harzöl und Baumwollsaatöl.

Im Kriege waren die Mittelmächte vor das Problem gestellt, für das Rizinusöl ein Ersatzprodukt zu schaffen, das in

genügender Menge im Lande aufzutreiben war. Dieses Bedürfnis besteht auch heute noch, denn die Hauptmenge der Rizinusproduktion liegt bei den Ententeländern, und es ist nach wie vor unsere vaterländische Pflicht, uns von dem Import von diesen Ländern möglichst freizumachen.

Mit Hilfe der Voltolöle ist es nun gelungen, ein dem Rizinusöl gleichwertiges Produkt von hoher Viskosität und einer verhältnismäßig großen Widerstandsfähigkeit gegen die lösende Wirkung des Benzins herzustellen. Das im Kriege gelieferte Umlaufmotorenöl bestand aus einem rumänischen Raffinat mit einem großen Prozentsatz Voltol. Es zeigte Analysendaten, wie sie in der Tabelle Seite 180 angeführt sind. Trotz seines hohen Gehaltes an fettem Öl verbrennen die Voltolöle im Aluminiumzylinder vollkommen rückstandslos.

Ein Gesichtspunkt, der sehr oft bei der Beurteilung bezüglich der Verwendung der Öle vergessen wird, ist die Frage, in welcher Weise ändert sich das Material in der Maschine, in welcher Richtung verschieben sich die Konstanten?

Die beigefügte Tabelle gibt hierfür eine Übersicht.

Dieselmotorenöl.

	Ursprüngl. Öl	Nach dem Gebrauch I	Nach dem Gebrauch II
Spez. Gewicht . . .	0,910	0,915	0,912
Asphaltgehalt . . .	—	0,0162 %	0,0219 %
Flammpunkt . . .	246°	236°	238°
Säuregehalt	0,026 % SO_3	0,1377 % SO_3	0,122 % SO_3

Autoöl.

	Süd-Texas vor dem Gebrauch	Süd-Texas nach dem Gebrauch	Pennsylvanien vor dem Gebrauch	Pennsylvanien nach dem Gebrauch
Spez. Gewicht	0,934	0,920	0,875	0,860
Freie Kohle	0,0	0,08 %	0,0	0,9 %
Meilen, die der Wagen bei Gebrauch lief	1000		600	
Verbr. Schmierstoff	8 %		40 %	

Man beobachtet also eine Steigerung der Säurezahl, Erhöhung der asphaltartigen Bestandteile und Senkung des Flammpunktes.

Aus zahlreichen derartigen Untersuchungen, die heute leider noch fehlen, ließe sich sicher ein guter Einblick in das Wesen

der Veränderlichkeit der einzelnen Öle bei den verschiedenen Verwendungszwecken gewinnen. Der Verbrauch an Öl bei einem Viertaktmotor wurde zu 0,25 bis 0,3 g pro PS, bei größeren Maschinen zu 0,4 bis 0,5 g pro PS festgestellt.

Eine besondere Beachtung verdient noch die Schmierung des Autogetriebes, jenes Aggregats von Zahnrädern, welche die Kraftübertragung auf die Räder und die Übersetzung der Geschwindigkeit übermittelt. Das Getriebe ist in einem geschlossenen Gehäuse eingekapselt. Dieses enthält das Schmiermaterial, welches den Boden gut bedeckt und in das die Zahnräder eintauchen. Verwendet wird entweder ein zähes, hochviskoses Zylinderöl oder ein Gemisch von Naturvaseline mit einem Fett, oder eine Mischung von konsistentem Fett mit viskosem Öl. Man verlangt von diesem Schmierstoff folgende Eigenarten: Es darf bei dem hohen Druck, unter dem die Zahnräder aufeinanderlaufen, nicht beiseitegedrückt werden und bei den großen Geschwindigkeiten nicht von den Zahnflanken abgeschleudert werden, es muß ihm also auch eine gewisse Klebrigkeit innewohnen; auch soll diese Masse das Bestreben zeigen, am Boden des Gehäuses zusammenzufließen, darf aber wiederum nicht so zähflüssig sein, daß die Reibungsarbeit unverhältnismäßig vergrößert wird.

3. Kompressorenöle.

Im Anschluß an die im Verbrennungszylinder zu verwendenden Öle soll nun über die zur Schmierung der Kompressoren von Dieselmaschinen verwendeten und über andere Kompressorenöle gesprochen werden. Auch hier handelt es sich um die Schmierung eines hin und her gleitenden Kolbens, welcher unter hohem Druck steht und hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Sonst sind die Verhältnisse denen im Dampfzylinder und Explosionszylinder nicht unähnlich. Während aber im Dampfzylinder die Dampfatmosphäre und die hohe Temperatur, beim Explosionszylinder die Verbrennung und der plötzliche Temperaturabfall von 140° auf ca. 300° bestimmend für die Wahl des Öles sind, ist bei den Kompressoren vor allem der hohe Druck, mit dem die Luft oder das Gas zusammengedrückt werden und die damit verbundene Temperatursteigerung zu beachten.

Wie bei den Explosionsmaschinen werden die Zylinderwandungen durch Wasserkühlung auf möglichst niedrige Temperatur gehalten. Trotzdem muß man mit Hitzegraden bis

etwa 500°, zumal wenn einmal ein Ventil versagt, rechnen. Normalerweise herrscht allerdings eine Temperatur von etwa 100 bis 150°. Es ist ferner darauf zu achten, daß die Ölzufuhr im Zylinder nicht zu stark wird, weil sonst infolge der mit der Kompression verbundenen Wärmesteigerung dieser Überschuß leicht zu Schmierölexplosionen führt, besonders wenn leicht verdampfbare Öle mit niedrigem Flammpunkt vorliegen. Die Luft wirkt nämlich auf die Öle stark oxydierend ein, besonders auf die ungesättigten Verbindungen; es bilden sich Gemische von leichtflüchtigen Zersetzungsprodukten des Öles mit der erhitzten Luft, die dann leicht zur Entzündung gelangen. Gleichzeitig tritt Abscheidung von Asphalt und Kohle ein. Diese hinwiederum setzen sich an den Kolbenwandungen, dem Schieberkasten und den Kolbenringen fest und führen zu weiteren Störungen. Verwendungsfähig sind daher nur hochraffinierte Mineralöle von großer Reinheit. Für Kompressoren mit sehr hoher Druckerzeugung von etwa 150 Atmosphären — solche Maschinen arbeiten meist in mehreren Stufen — wurden bisher meist Öle mit sehr hohem Flammpunkt in der Art der Heißdampfzylinderöle verwendet. Gemischte, aus mehreren Fraktionen zusammengesetzte Öle sind nicht geeignet, ebensowenig fette Öle. Kompressorenöle sollen ihrer Beständigkeit gegenüber der oxydativen Wirkung in dem Druckzylinder wegen tunlichst aus einer einheitlichen Fraktion bestehen. Die Zähflüssigkeit ist aus dem Grunde so hoch gewählt — 3 bis 4 bei 100 —, weil das Öl gut an den Wänden des Zylinders anhaften soll. Es muß dem eingepreßten Luftstrom widerstehen. Bei weniger hoch komprimierenden Maschinen wird ein weniger viskoses Öl (4 bis 6 bei 50) gewählt mit einem niedrigeren Flammpunkt von etwa 180° im Pensky-Apparat. Man muß unterscheiden zwischen Kompressoren, die mit selbständig funktionierenden Ventilen arbeiten, und solchen, die mit Schiebern gesteuert werden. Für die Ventilkompressoren sind allgemein dünnere Öle ausreichend, da das Schmieröl nur an den gut gekühlten Zylinderwandungen wirksam ist, während die Ventile selber keiner Schmierung bedürfen. Anders bei den Schieberkompressoren. Hier kann die Schieberreibung zu hohen Temperaturen führen, und durch Wahl eines hochflammenden Öles sucht man der Entzündungsgefahr zu begegnen.

Da ohnehin schon durch die eingesaugte Luft leicht Staub, Schmutz und saure Bestandteile in den Zylinder hineingelangen, welche man allerdings durch geeignete Filtration fernzuhalten

sucht und Veranlassung geben zur Bildung von Rückständen und Zersetzungen des Öles, so ist ein um so größerer Wert zu legen auf die Reinheit des Öles selber. Bei Verwendung eines speziellen Öles für den Luftpumpenzylinder des Kompressors bei den Dieselmotoren ist ein Zylinderöl mit Werten, wie sie in der vorstehenden Tabelle angeführt sind, geeignet. Bei Verwendung eines einheitlichen Öles für Luftpumpe und Arbeitszylinder ist ein Öl mit einer Viskosität von 7 bis 8 bei 50° C und einem Flammpunkt von 200 bis 220° C am passendsten. Weiter wird von einem guten Kompressorenöl gefordert: Säuregehalt nicht über 0,012 als SO_3, spezifisches Gewicht nicht über 0,920 bei 15° C. Reines unvermischtes Mineralöl, frei von Wasser, Harz, klebenden Stoffen, Leim, verseifbaren Stoffen und mechanischen Verunreinigungen. Der Stockpunkt ist im allgemeinen weniger von Belang, doch als Kriterium für die guten russischen Öle von Interesse. Die russischen Öle eignen sich nämlich besonders gut für die Luftpumpen der Dieselmotore. Es ist offenbar, daß die sauerstoffhaltigen Öle leichter Veränderungen unterworfen sind als die sauerstoffreien. Infolgedessen ist ein gut raffiniertes Öl auf Naphthenbasis jedem anderen vorzuziehen. — Die paraffinreichen galizischen Öle widerstehen den Angriffen des Luftsauerstoffs besser als die ungesättigten rumänischen Öle. Die im Kriege mit Destillaten und schlecht raffinierten Zylinderölen mit einem Gehalt an Benzinasphalt von 1,2 % gemachten Erfahrungen haben den Vorzug der Raffinate bestätigt. Man wird sich also in Zukunft für Kompressoren auf Raffinate beschränken müssen.

Zur Schmierung der Preßluftzylinder von Grubenlokomotiven sowie von Sauerstoffverdichtung verwendet man wasserlösliche Öle, um Explosionen zu vermeiden, doch dürfen nur wirklich einwandfreie Bohröle verwandt werden. Hierüber s. S. 128.

Für die Kompressoren von Eismaschinen, die unter wesentlich geringeren Drucken arbeiten, dagegen dauernd sehr niedrigen Temperaturen ausgesetzt sind, sind natürlich wieder andere Öle am Platze. Zur Schmierung der Eismaschinen werden Spindelöle von außerordentlicher Kältebeständigkeit gefordert. Hervorragend geeignet sind die russischen Spindelöle und die aus ihnen hergestellten Raffinate. Dieselben besitzen folgende analytische Daten:

Spez. Gew.: 0,880 bis 0,885.
Viskosität bei 50°: 2/3,5 E.
Stockpunkt: unter — 20° C.

Infolge der Berührung mit chemisch stark wirksamen Stoffen, mit Ammoniak oder mit schwefliger Säure, ist das Öl der Veränderung sehr leicht ausgesetzt. Demnach sind nur sehr gut raffinierte Öle verwendungsfähig. Sofern noch Spuren saurer Bestandteile im Öl vorhanden, wie fettes Öl oder Naphthensäuren, verbinden sich diese mit dem Ammoniak zu Seifen. Das Öl verdickt sich und verstopft die Ventile. In der Mehrzahl der Fälle werden die Zylinder der Schwefligsäure-Eismaschinen gar nicht mit Öl geschmiert, vielmehr wirkt die flüssige schweflige Säure selber als Schmierstoff. Sofern aber doch Mineralöl zur Schmierung herangezogen wird, ist folgendes zu bedenken. Öle mit einem bedeutenden Gehalt an ungesättigten oder aromatischen Verbindungen werden durch die schweflige Säure angegriffen. Wie bei dem Edeleanuschen Verfahren werden diese Anteile herausgelöst, und durch diese Veränderung wird der Schmiereffekt stark beeinflußt. Fette Öle oder Fettsäuren dürfen auch in diesem Falle nicht zugegen sein. Um die hochkältebeständigen Öle von den anderen Spindelölen sogleich auch äußerlich zu unterscheiden, werden sie oft rot gefärbt. Nicht verwendbar sind Mineralölprodukte bei Sauerstoffkompressoren; hier verwendet man Glyzerinlösungen, ebenso wie bei den Kohlensäurekompressoren. Die Chlorverdichtungsmaschinen werden dagegen mit konzentrierter Schwefelsäure geschmiert, weil das Chlor das Mineralöl zerstören würde.

Anschließend noch einige Verbrauchszahlen nach Götze[1]. Niederdruckkompressoren von 6 bis 7 Atmosphären Luftdruck verbrauchen an Zylinder- und Kompressorenöl für den Dampf- und Luftteil 40 bis 50 g Öl für 1000 cbm angesaugte Luft. Gesamtverbrauch einschließlich des Maschinenöls 70 bis 80 g für 1000 cbm Luft.

Hochdruckkompressoren für 150 bis 200 Atmosphären Druck haben einen Gesamtölverbrauch von 700 bis 750 g einschließlich Maschinenöl für 1000 cbm angesaugte Luft, für den Dampf- und Luftzylinder allein etwa 500 bis 550 g. Turbokompressoren verbrauchen ca. 5 bis 6 g Öl für 1000 cbm angesaugte Luft. Hier wird ein dem Turbinenöl analoges Öl verwendet (s. diese). Man sieht also, daß der Ölverbrauch bei diesen Maschinen reichlich hoch ist.

---

[1]) Götze, loc. cit.

4. Dampfturbinenöl.

Bereits bei der Besprechung der Umlaufschmierung war darauf hingewiesen worden, daß an die hier zu verwendenden Öle ganz besondere Anforderungen zu stellen sind. Das gilt im erhöhten Maße von den Turbinenölen. Die starke Bewegung des Öles in den Röhren der Umlaufschmierung, seine ständige Berührung mit dem Wasser und der Luft, der Temperaturwechsel, welchem das Öl unterworfen ist, sowie die große Oberfläche, die es dem Wasser und der Luft darbietet, bewirken eine starke Oxydation und Veränderung des Schmiermittels. Demgemäß muß man für die Dampfturbinenschmierung Öle wählen, die diesen Einflüssen wenig Angriffspunkte darbieten. Das Dampfturbinenöl soll folgenden Bedingungen genügen: Es muß frei sein von benzinunlöslichen Asphaltstoffen, es darf keine oder nur geringe Mengen ungesättigter Verbindungen aufweisen, d. h. die Teerzahl muß gering sein, Schwefel darf nicht zugegen sein, der Säure- und Aschengehalt soll praktisch Null sein.

Selbst bei den bestkonstruierten Maschinen dringt stets etwas Wasserdampf durch die Stopfbüchsen der Lager in das Öl hinein, zuweilen halten auch die Kühlschlangen nicht dicht und schließlich kondensieren sich aus der mit Wasserdampf gesättigten Luft beim Abkühlen reichliche Mengen Feuchtigkeit, so daß das Öl stets mit viel Wasser in innige Berührung kommt. Obwohl man annehmen sollte, daß dieses Wasser chemisch rein ist, so wurde doch häufig Soda, von der Kesselreinigung herrührend, nachgewiesen. Die Einwirkung des Wassers macht sich nun nach verschiedenen Richtungen geltend. In gebrauchtem Turbinenöl läßt sich zunächst eine Erhöhung der Säurezahl feststellen, ferner eine Steigerung der Viskosität; beide Umstände beweisen die Einwirkung des Sauerstoffs und sind als Oxydationserscheinungen anzusprechen. Nach sehr langem Gebrauch fängt ein solches Öl dann an zu schäumen, und das anfangs schnell vom Wasser sich scheidende Öl gibt nun sehr starke untrennbare Emulsionen. Die zu verwendenden Öle müssen demnach völlig säurefrei sein, sie dürfen keine Spuren, besonders nicht von alkalischer Asche aufweisen, ein Hinweis auf einen Seifengehalt. Solche seifenhaltigen Öle geben regelmäßig sehr starke Emulsionen. Ferner hat man festgestellt, daß wirklich gute Öle schwefelfrei sein müssen. Es ist einleuchtend, daß die Differenz zwischen dem spezifischen Gewicht des Öles und des Wassers ($d = 1$) von bestimmendem

Einfluß für die Entmischungsgeschwindigkeit ist. Ebenso ist eine nicht zu große Zähigkeit für eine schnelle Trennung des Öles und Wassers in günstigem Sinne wirksam. Ein gutes Turbinenöl hat ein spezifisches Gewicht von 0,875 bis 0,890 und besitzt eine Viskosität von 2,5 bis 3,5° Engler bei 50° C. Zähere Öle demulsionieren meist zu langsam. Verwendet man kein sorgfältig raffiniertes Öl, so bilden sich große Schlammmassen und die Rohrleitungen und Kühler setzen sich mit diesen voll. Dieser Übelstand führt dann zur Temperatursteigerung im Lager und alsbald zur völligen Betriebseinstellung der Turbine. Das Öl muß dann völlig aus der Turbine entfernt werden und kann erst nach gründlicher Reinigung wieder zur Verwendung kommen. Ein wirklich einwandfreies Öl dagegen ist fast unbegrenzt haltbar, und nur die unvermeidlichen Verluste müssen von Zeit zu Zeit ersetzt werden.

Von einem guten Turbinenöl sind also folgende Eigenschaften zu verlangen:

Dichte = (15°) 0,850 bis 0,900, möglichst niedrig.

Viskosität bei 50° C 2,5 bis 3,0, doch haben sich bisweilen auch viskosere Öle bewährt.

Das Öl soll schwefelfrei sein,

der Gehalt an Säure 0,01 bis 0,015% SO_3 nicht überschreiten.

Aschengehalt unter 0,01%.

In Normalbenzin keine abscheidbaren Rückstände.

Die Teerzahl wird nach 50stündigem Erhitzen auf 120° bestimmt und soll nicht höher sein als 0,1%.

Fette Öle und Seifen dürfen absolut nicht zugegen sein.

Eine praktische Vorprobe, um die Eignung des Öles festzustellen, ist die Prüfung der Demulsibilität (vgl. Kap. II, S. 107). Ein gutes Öl muß sich sehr schnell ohne Hinterlassung eines Seifenringes entmischen.

In der Tabelle (Seite 208), die dem Schriftchen „Die Schmiermittelnot“ entnommen ist, kann ersehen werden, in welcher Weise sich das Öl im Laufe eines längeren Betriebes ändert.

Die Verminderung des Aschengehaltes bei einigen Ölen ist durch die Auslaugung des aus der Raffination stammenden Natriumsulfates zu erklären. Die Flamm- und Zündpunkte ändern sich so gut wie gar nicht, sie sind auch für die Bewertung des Öles von nebensächlicher Bedeutung. Am besten haben sich gewisse an Paraffinkohlenwasserstoff reiche Öle mit niedrigem Gewicht und relativ hoher Viskosität bewährt, doch haben auch einige leicht nachraffinierte russische Öle Verwendung

	Friedensöle				Kriegsöle			
	ungebr.	gebr. 800 st.	ungebr.	gebr.	ungebr.	gebr. 2500 st.	ungebr.	gebr. 3400 st.
Spez. Gew. bei 15° C	0,905	0,908	0,880	0,884	0,932	0,933	0,928	0,932
Flammp. i. off. Tiegel	186	186	225	225	181	—	163	166
Brennp. „ „ „	214	214	256	256	229	237	—	—
Viskosität bei 50° C	2,64	2,74	4,2	4,37	4,3	6,1	3,81	4,12
Säuregehalt als SO_3	0,002%	0,012%	0,004%	0,010%	0,136%	0,60 %	0,021%	0,132%
Aschengehalt	—	—	—	—	0,062%	0,017%	0,018%	0,016%
Emulsionsfähigkeit	—	schwach	—	schwach	schwach	stark	—	—
Benzinasphalt	—	—	—	—	—	—	—	0,49%
Teerzahl	—	—	—	—	—	—	0,47%	1,68%
Verteerungszahl	—	—	—	—	—	—	0,76%	1,84%

gefunden. Während des Krieges hat man besonders sorgfältig raffinierte rumänische Öle als Turbinenöl verkauft. Große Schwierigkeiten bei der Darstellung hingegen bieten die schwefelhaltigen Öle von Mexiko und Texas.

Der Ölverbrauch der Turbine wird am besten auf die Leistung pro Betriebsstunde berechnet (Götze, loc. cit.). Maschinen mit 3000 Umläufen in der Minute haben einen geringeren Ölverbrauch als solche mit 1500. Es spielt hier die Bauart der Maschine eine große Rolle. Für die am häufigsten vorkommenden Größen zwischen 1000 bis 5000 KW wurde ein Zusatz von 50 bis 100 g Öl für die Betriebsstunde festgestellt. Zuweilen wurde ein noch wesentlich höherer Verbrauch beobachtet, doch ließ sich dieser Mehrverbrauch meistens durch Undichtigkeiten der Ölkühler und Eindringen von Wasser aus den Turbinenstopfbüchsen in das Lager zurückführen.

5. Transformatoren und Schalteröle.

In der elektrotechnischen Industrie finden sehr bedeutende Ölmengen als Transformatoren und Schalteröle Verwendung. Die zum Umformen des niedriggespannten in hochgespannten Strom dienenden Spulen stehen in einem Ölbad, das nach zwei Richtungen hin wirksam ist. Öle besitzen eine außerordentlich geringe Leitfähigkeit, sind also sehr gute Isolatoren, und

zweitens zeichnen sie sich durch eine gute Leitfähigkeit für Wärme aus, sie wirken daher als Kühlmittel. In der Praxis werden nur gut raffinierte Mineralöle und Harzöle verwendet. Fette Öle sind infolge ihrer großen Zersetzlichkeit nicht brauchbar. Die Harzöle enthalten viel aromatische Kohlenwasserstoffe und sind infolgedessen besonders gute Isolatoren. Sie wurden zeitweilig sehr viel verwendet, sind aber heute teils wegen ihres hohen Preises, teils ihrer hohen Verdampfbarkeit wegen mehr und mehr vom Markte verschwunden. Diese letztgenannte Eigenart verbietet es auch, Harzöle den aus Mineralöl bestehenden Transformatorenölen zuzusetzen. Auf eine eingehende Besprechung der Harzöle kann hier also verzichtet werden.

Die an die Transformatorenöle zu stellenden Anforderungen sind außerordentlich hohe. Die hier geltenden Bestimmungen übertreffen die für Turbinen- und Maschinenöle gültigen an Schärfe um ein Beträchtliches.

Das Öl muß zunächst völlig frei sein von irgendwelchen mechanischen Verunreinigungen, selbst geringe Spuren von Staubpartikelchen und Faseranteilen bewirken bereits eine Minderung der Isolationsfähigkeit, so daß die Gefahr besteht, daß der Strom überspringt und das Öl durchschlägt. Die Mineralöle sind hygroskopisch, vor dem Einfüllen in den Transformator muß daher das Öl sorgfältig von den letzten Spuren von Feuchtigkeit befreit werden, und zwar durch vorsichtiges Erwärmen auf 100° C. Auch wenn das Öl auf Durchschlagsfestigkeit geprüft werden soll, muß es zunächst ausgekocht werden. Das Öl muß völlig neutral reagieren, da es sonst die metallischen Teile des Apparates und die Isolationen angreift. Während des Gebrauchs soll das Öl möglichst nicht sauer werden und keine festen Bestandteile abscheiden, noch sich sonstwie zersetzen. Solange nämlich der Transformator unter Strom steht, wird das Öl ständig erwärmt und zirkuliert innerhalb des Apparates, kommt also auch stets mit der Luft in Berührung. Kleine Mengen von schlammigen Rückständen werden sich daher stets absetzen, diese lagern sich zwischen den isolierenden Drahtspulen ab, unterbinden die freie Zirkulation des Öles und eine Überhitzung des Transformators ist die Folge. Die normale Temperatur eines arbeitenden Transformators liegt etwa zwischen 60 bis 80°, daher muß der Flammpunkt möglichst hoch liegen und die Verdampfbarkeit tunlichst gering sein. Zwecks guter Isolationswirkung und Kühlwirkung wählt man Öle mit nicht zu hoher Viskosität, damit es gut innerhalb des Apparates zirkulieren kann. Für

Umformer, die im Freien stehen, ist ein kältebeständiges Öl erforderlich, damit es bei Winterkälte nicht einfriert. Die Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke hat eine Reihe von Bedingungen ausgearbeitet, denen ein gutes Transformatorenöl genügen muß. Diese zurzeit gültigen Daten finden sich auf Seite 211 ff. zusammengestellt.

Von wesentlichem Wert für die Beurteilung der Güte des Transformatorenöles ist die Feststellung der Teerzahl resp. der Verteerungszahl. Sie gibt einen Hinweis, wie sich das Öl im Umformer verhalten wird. Selbst das beste Öl scheidet im Laufe längerer Zeit gewisse Mengen des Schlammes ab, der durch seine schlechten wärmeleitenden Eigenschaften eine große Beanspruchung des Transformators bedeutet. Die sich abscheidenden Substanzen haben sauren Charakter, enthalten viel Sauerstoff und hinterlassen beim Verbrennen eine Asche, die daher rührt, daß sich die Säuren mit dem Metall des Umformers zu Seifen verbunden haben. Also auch hierdurch ist ein Angriff auf die Substanz im Transformator zu befürchten.

Die Bildung des Schlammes ist abhängig neben der Art des Materials von der Temperatur und der Dauer der Einwirkung. Kupfer wirkt als Katalysator.

Schwefelhaltige Öle zersetzen sich besonders leicht, leicht abgebaut werden auch die paraffinhaltigen Kohlenwasserstoffe und solche mit offener Kette, wohingegen Naphthenkohlenwasserstoffe, wie sie sich in dem russischen Erdöl vorzüglich finden, ein besonders brauchbares Rohmaterial liefern. Hieraus ergibt sich auch die bekannte Tatsache, daß sehr stark raffinierte Öle, in denen das Ölmolekül bereits zertrümmert ist und in denen sich offene Ketten und gar Doppelbindungen finden, sich als Umformeröle als durchaus ungeeignet erwiesen haben.

Zur Feststellung der Widerstandskraft des Öles gegen diese oxydativen und satzbildenden Angriffe durch die Erhitzung wird das Öl 70 Stunden lang auf 120^0 erhitzt unter Durchleiten von reinem Sauerstoff. In dem so behandelten Öl wird nach Kißling die Teerzahl festgestellt, die bei gutem Öle 0,1 $^0/_0$ nicht übersteigen soll. Vor dem Kriege war die Grenze für die Verteerungszahl auf 0,1 $^0/_0$ festgesetzt, im Kriege wurde sie auf 0,8 $^0/_0$ heraufgesetzt, später aber auf 0,5 $^0/_0$ beschränkt. Heute strebt man danach, wieder Öle mit einer Teerzahl von 0,1 $^0/_0$ herzustellen.

Etwas anders, aber im Prinzip gleichartig ist die Bestimmung des sog. „Sludge tests“, wie er in England ausgeführt wird. Hier wird das Öl auf 150^0 erhitzt und Luft

durchgeleitet und nach Verlauf von 45 Stunden der Prozentgehalt des im Öl abgeschiedenen Schlammes (sludge) festgestellt. Zwecks Reproduktion der in der Praxis vorliegenden Verhältnisse wird ein Kupferblech als Katalysator in das Öl eingetaucht.

Sehr heftig ist die Einwirkung der sauren Produkte auf das Gewebe der Isolierbänder, mit denen die Spulen umwickelt sind. Zur Feststellung dieses Angriffs ist in jüngster Zeit die Bänderprobe in Anwendung gekommen. Das in Frage stehende Wicklungsband wird mehrere Tage in das Öl getaucht, das auf 120° konstant erhitzt wird. Nach Verlauf von 10 Tagen wird die Abnahme der Zerreißfestigkeit auf einer Zerreißmaschine beobachtet; sie soll 45% nicht übersteigen. Diese Probe ist nur sehr grob, gibt aber immerhin ein annäherndes Bild über den Grad der zerstörenden Kraft des jeweils im Gebrauch befindlichen Öles.

Die Prüfung der Durchschlagsfähigkeit ist nur mit Hilfe eines Prüftransformators möglich. Bei einem Polabstand von $2^1/_2$ mm soll das normale Öl erst bei einer Spannung von über 30000 Volt durchschlagen werden.

Für die Schalteröle der Hochspannungsnetze gelten im wesentlichen dieselben Bedingungen wie für Transformatorenöle. Im allgemeinen wird ein höherer Flammpunkt verlangt, damit das Öl nicht beim Öffnen und Schließen des Stromkreises durch den Lichtbogen zum Entzünden gebracht wird. Auch verlangt man allgemein einen tieferen Stockpunkt, da ja die Schalter oft im Freien angebracht sind und hier nicht einfrieren dürfen. Durch den Lichtbogen tritt eine örtliche außerordentliche hohe Erhitzung ein, die zugleich mit einer tiefgreifenden Zersetzung im Öl verbunden ist. Es scheidet sich Kohlenstoff in elementarer Form ab, während Wasserstoff sowie Kohlenwasserstoffe, wie Methan und Äthan usw., entweichen. Der in feinster Form abgeschiedene Kohlenstoff färbt das Öl dunkel und mindert allmählich die isolierende Kraft des Öles. Durch Reinigung und Abfiltrieren läßt sich ein gutes Öl von annähernd den Eigenschaften, die es ursprünglich hatte, wiedergewinnen.

Öllieferungsbedingungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke für die Lieferung von Transformatoren- und Schalterölen, gültig ab August 1921.

1. Als Transformatoren- und Schalteröle sollen nur reine, unvermischte, hochraffinierte Mineralöle verwendet werden, die in eisernen Fässern oder Kesselwagen anzuliefern sind.

2. Das spezifische Gewicht darf nicht weniger als 0,850 und nicht mehr als 0,920 bei 15° betragen.

3. Der Flüssigkeitsgrad nach Engler, bezogen auf Wasser von 20°, soll bei einer Temperatur von 20° nicht über 8 sein.

4. Der Flamm- und Brennpunkt im offenen Tiegel, nach Marcusson bestimmt, soll nicht unter 160° bzw. nicht unter 180° liegen.

5. Der Gefrierpunkt (Fest- oder Stockpunkt) soll bei Transformatorenölen nicht über — 5° und bei Schalterölen nicht über — 15° liegen. Das Öl muß im Reagenzglase von 15 mm l. W. in einer Höhe von 4 cm eingefüllt, nach einstündiger Abkühlung auf — 5° bzw. —15° umgedreht noch fließend und klar sein.

6. Die Verdampfungsverluste sollen nicht über 0,4 % nach fünfstündigem Erhitzen auf 100° betragen.

7. Das Öl soll frei von Säure, Alkali, Schwefel und Wasser sein. Die im Reagenzglas auf 120° erhitzte Ölprobe darf weder eine Trübung des Öles, noch ein knisterndes Geräusch zeigen.

8. Das Öl soll frei von mechanischen Beimengungen sein und keine suspendierenden Bestandteile, wie Fasern, Sand oder dgl. enthalten.

6. Lagerschmierung.

Bisher sind nur solche Fälle von Schmierungen beschrieben worden, bei denen die in Frage stehenden Maschinenteile besonderen Bedingungen unterworfen waren, oder irgendwelchen spezifischen Einflüssen ausgesetzt waren, so daß von den dafür verwendbaren Schmierstoffen ganz besondere Eigenschaften zu fordern waren. Bei den Dampfzylindern war es hoher Druck und hohe Temperaturen, ähnlich bei den Explosionsmaschinen und den Kompressoren; in den Kältekompressoren wiederum war es der Einfluß der niedrigen Temperatur und der chemisch wirksamen Stoffe, die zu berücksichtigen waren. Und wieder anders lagen die Verhältnisse bei den Transformatoren und den Turbinenölen. Für die nun in Frage kommenden Öle bestehen ganz normale Verhältnisse, die Maschinenteile laufen unter atmosphärischem Druck und bei gewöhnlicher Temperatur. Es variieren nur die Schmiervorrichtung, die Größe der Lager und die Geschwindigkeit der Bewegung. Nach der Art der Schmierapparate kann man, wie bereits angeführt, unterscheiden zwischen Tropf-, Stift-, Dochtöler, Ringschmieröler und Umlaufschmierung.

Bei den Tropfölern und bei den Dochtölern wird das ablaufende Öl nicht direkt wieder verwendet, höchstens als Lecköl gesammelt und nach gründlicher Reinigung der Schmierstelle wieder zugeführt. Für diese Verwendungszwecke haben sich Destillate, Schieferteer- und Braunkohlenteeröle sowie auch Teerfettöle als durchaus brauchbar erwiesen. Bei Werkzeugmaschinen, Arbeits- und Zerkleinerungsmaschinen, bei Vorgelege und Transmissionen, bei Walzen, kurz gesagt an allen Stellen, wo diese dem Einflusse der Luft ausgesetzt sind und bei denen ein großer Teil des Öles verloren geht, wie bei Lokomotiven, Wagen und sonstigen nicht ortsfesten Maschinen, ist es immer angebracht, Rückstandsöle oder die oben erwähnten Ölsorten zu verwenden. Man hat nur darauf zu achten, daß der Asphaltgehalt nicht zu groß ist und daß das Öl keine verharzenden Bestandteile enthält, da sich sonst die Dochte und Zuführungskanäle zusetzen. Während des Krieges hat man die Ansprüche für die hier in Frage kommenden Öle auf das geringste Maß zurückgeschraubt. Sehr vielfach wurde das Teerfettöl hierfür angeboten, ein der Anthrazenfraktion entstammendes Öl von recht geringer Zähflüssigkeit. Sofern es gut von den sich leicht abscheidenden Anthrazenkristallen getrennt war, hat es nur wenig Anstände gegeben. Häufig wurde es zwecks Erzielung einer höheren Viskosität mit Pech und Destillationsrückständen zusammengeschmolzen. Diese scheiden sich in der Kälte aber leicht als feste harte Massen ab und das Öl wird dadurch für die Schmierung unbrauchbar. Bewährt haben sich indessen Verdickungen, die man erhält durch konzentrierende Destillation oder durch sachgemäße Vermischung mit zähem Mineralöl. Man verwendet das Teerfettöl an allen kaltgehenden Maschinenteilen bei nicht zu großer Belastung. Versuche, diese Produkte auch an schwer belasteten Lagern von Dampfmaschinen, an Kurbel und Wellenlagern zu verwenden, haben keine günstigen Erfahrungen gezeitigt, so daß man heute in der Regel hierfür Destillate zur Anwendung bringt. Die leichtere Verdampfbarkeit der Teerfettöle, die damit verbundene Verschlechterung der Luft, sein Lösungsvermögen gegenüber Lacken und den Isolierungen elektrischer Maschinen haben der allgemeinen Einführung dieser Öle sich hemmend in den Weg gestellt.

Anders liegen die Bedürfnisse bei der Ringschmierung und der Umlaufschmierung. — Bei den sehr vollkommen arbeitenden Einrichtungen dieser Art, die gut gegen äußere Einwirkungen, Staub, Feuchtigkeit und Schmutz geschützt sind,

verwendet man auch gute, also raffinierte Mineralöle, welche sich auch während langer Gebrauchsperioden unverändert halten. Für diese Öle gilt ungefähr das gleiche, was über das Turbinenöl gesagt worden ist. Vielleicht sind die Anforderungen nicht ganz so streng zu wählen. Zähigkeit, Flammpunkt und Stockpunkt richten sich nach der Schwere der Lager, nach ihrer Geschwindigkeit und den äußeren Arbeitsbedingungen. Man trachte danach, möglichst dünnflüssige Öle zu verwenden und durch reichliche Ölzugabe für eine ausreichende Bespülung der Welle mit Schmierstoff zu sorgen. Die Schmierölschicht zwischen Zapfen und Lager muß so groß sein, daß sich die beiden an keiner Stelle berühren. Die ausreichende Zuführung und Schmierung ist im wesentlichen abhängig von der sorgsamen Herstellung der Lager sowie der zweckmäßigen Anordnung der Schmiernuten. In solchen gut konstruierten Ringschmier- und Umlaufschmiervorrichtungen läßt sich ein gutes Öl nahezu unbegrenzte Zeit verwenden, nur die kleinen Verluste müssen von Zeit zu Zeit ersetzt werden, und nach längerer Betriebsdauer müssen auch die Lager gereinigt werden.

Sind indessen die Maschinenteile nicht so sorgfältig konstruiert und präzis gearbeitet, so genügt es meist, wenn man ein Erdöldestillat Schieferöl oder Braunkohlenteeröldestillat zur Schmierung heranzieht. Ein wertvolleres Produkt würde, bei einem solchen an und für sich schon weniger exponierten Punkte der Maschine angewandt, eine Verschwendung bedeuten.

Bei der Kreislaufschmierung läuft das gebrauchte Öl in einem Sammelgefäße zusammen, wird daselbst geklärt, auch gekühlt, und dann der Schmierstelle wieder zugeführt. Destillate neigen besonders, wenn Wasser hinzutritt, zur Bildung von Schlamm und von untrennbaren Emulsionen. Destillate, welche mit Rückständen verdickt sind, eignen sich absolut nicht für diese kontinuierliche Schmierung. Eine Möglichkeit, auch sie für die Umlaufschmierung heranzuziehen, wäre die Anbringung einer Filteranlage statt der Klärvorrichtung, doch erfordert dies immerhin eine etwas kostspielige und kompendiöse Apparatur. Einen Anhalt, wie die einzelnen Öle für die verschiedenen Verwendungszwecke am dienlichsten sind, findet man in der Vorschrift der K.S.G., sowie in den Tabellen auf S. 168 u. 181. Man kann indessen ganz allgemein sagen, daß man für die heutigen Verhältnisse jeweils eine höhere Klasse als die Richtlinien der K.S.G. vorschreiben, wählen kann. Schreibt also die Kriegsvorschrift für Kreislaufschmierung schwerer Maschinen (Lager-

schmierung) vor: Mineralöl destillat Visk. bei 50° 3 bis 4 Engler Flammpunkt über 150°, so ist dafür heutzutage ein Raffinat von annähernd den gleichen Daten am zweckmäßigsten. Vielleicht sind Öle mit etwas höherem Flammpunkt noch besser geeignet, man richte sich hier nach dem Preis des Öles und den jeweils vorliegenden Verhältnissen. Absolut bindende Vorschriften lassen sich hier, wie auch in sonstigen Fällen, schwer geben. Man beachte aber, daß Rückstandsöle, Teerfettöle und alle die Produkte, die leicht und stets größeren Veränderungen unterworfen sind, nur an Schmierstellen, wo das Öl direkt mit der Kanne zugeführt wird, Verwendung finden sollen.

Eine besondere Beachtung verdienen die für Elektromotoren und Dynamos dienenden Öle. Unter diesen Energie erzeugenden und Energie umwandelnden Maschinen kommen solche mit sehr hoher Umdrehungszahl vor, und die Wahl der Schmiermittel hat demgemäß auszufallen. Dynamo- und Elektromotorenöle haben durchweg folgende Daten: Visk. bei 50° 2 bis 3 E°, Flammpunkt ca. 170 bis 210°, Stockpunkt bis — 7°, damit auch im Freien arbeitende Maschinen wirksam geschmiert werden können. Soll eine besonders hohe Schmierwirkung erzielt werden, so setzt man fette Öle hinzu. Dann ist aber darauf zu achten, daß die als Zusatz dienenden Öle völlig frei von Säure sind. Die freien Säuren greifen bei der hier meist oder wohl stets vorhandenen Ringschmierung durch die immer wieder erneute Berührung des Öles mit dem Metall die Lager leicht an und bilden dann Eisenseifen. Diese führen zur Verdickung des Öles, erhöhen die Viskosität unverhältnismäßig, und hierdurch wird wiederum ein höherer Kraftverbrauch zur Überwindung der Reibung bedingt. Die Seifen bilden überdies in den Lagern eine zähe schmierige Schicht und verstopfen die Zulaufstellen des Öles. Recht gut bewährt haben sich die Voltolöle, speziell Raffinate mit einem Zusatz von 2 bis 5% voltolisiertem Rüböl oder Tran. Die Säurezahl dieser Produkte darf allerdings 0,15 nicht übersteigen. Man beachte von Zeit zu Zeit, ob sich in den Ringschmierlagern kein Schlamm abgesetzt hat. Alsdann erneuere man die ganze Füllung und gebe kein frisches Öl zum alten, wodurch dieses nur durch das gebrauchte verdorben werden würde.

Für die kaltgehenden Teile von Dampfmaschinen und Gasmaschinen verwandte man zwar in den Kriegszeiten ausschließlich Destillate. Doch hat man festgestellt, daß bei Benutzung von Kreislaufschmierung der Schmierstoffverbrauch wesentlich größer ist als bei Raffinaten, und zwar durch reich-

liche Bildung von Schlamm und Rückständen. Man schmiert daher heute meist wieder mit Raffinaten. Hier einige Zahlen: Im Frieden war der Verbrauch für die Lagerreibung der Dampf- und Gasmaschinen bei Umlaufschmierung 0,09 bis 0,18 g je PS-Stunde und stieg im Kriege mit Destillaten auf 0,20 bis 0,40 g. Demnach dürfte man mit Raffinaten doch allgemein billiger arbeiten, indessen richtet sich dies ebenfalls nach der jeweiligen Preisspannung zwischen dem rohen und dem ver- veredelten Produkt. Je nach der Größe der Maschine wähle man die Zähigkeit des Öles. Durchschnittlich genügt eine Viskosität von 2,5 bis 4,5 bei 50°, für stärkere Maschinen dagegen nehme man Öle mit einer Viskosität von 5 bis 7 Englergrade bei 50°. Es genügt ein Flammpunkt von ca. 200°. Da diese Maschinen meist in geschlossenen Räumen aufgestellt sind, dürfte ein Stockpunkt von 6° ausreichend sein. Bei der Besprechung der Gasmaschinenöle wurde bereits darauf hingewiesen, daß man bemüht ist, für die Zylinder und die kaltgehenden Teile möglichst ein gleiches Öl zu verwenden.

Eine besondere Klasse bilden die Marineöle. Bekanntlich stellen die Schiffsmaschinen die größten Aggregate dar, die man unter den Maschinen kennt. Die Dimensionen der Kolben, Lager und Wellen usw. bei den Schiffsmaschinen sind von ganz besonderer Größe. Es wird also für diese Zwecke ein Öl von ganz hervorragender Schmierwirkung gefordert, außerdem tritt noch als besonderer Umstand hinzu, daß das Öl oft mit Seewasser in Berührung kommt, mit dem es sich gut verbinden muß. Als zweckmäßig und erfolgreich haben sich Mischungen erwiesen, bestehend aus einem Mineralölraffinat und einem hohen Prozentsatz an fettem Öl. Das fette Öl wird nicht in purem Zustande verwendet, sondern in verdickter Form, d. h. als kondensiertes Öl oder geblasenes Öl. Meist kommt geblasenes Rüböl, zuweilen auch geblasener Tran oder Baumwollsaatöl zur Anwendung. Der Zusatz wechselt von 5 bis 25 %, je nach dem Grade der Schmierfähigkeit, den man zu erreichen sucht. Für gewöhnliche Schiffsmaschinen genügen meist 5 bis 8 % kondensiertes Rüböl als Zusatz. Für die bei der Reichsmarine zum Verbrauch gelangenden Öle ist ein Zusatz von 24 bis 25 % geblasenes Rüböl Bedingung. Vor dem Kriege lauteten die für die Marineöle zu erfüllenden Bedingungen:

Viskosität bei 20° C 38 bis 44° Engler;
" " 50° " 7 bis 8° "
Spez. Gew. bei 15° 0,915 bis 0,935.

Säurezahl unter 3,5.

Abwesenheit von Mineralsäure, Harz, Harzöl, Teeröl und Verunreinigungen.

Gehalt an Mineralöl nicht größer als 76%.

Keine Veränderung des Öles beim Erhitzen in dünner Schicht während 10 Stunden auf 50°.

Das Öl muß nach 1stündigem Abkühlen auf —10° im Reagensglase von 15 mm Weite noch fließend bleiben.

Die aus dem Öl abzuscheidenden wasserunlöslichen Fettsäuren sollen eine Jodzahl 57 bis 67 und einen Schmelzpunkt unter 25° haben.

Flammpunkt im Pensky-Martens-Apparat: nicht unter 170°.

Das in der Mischung enthaltene Mineralöl hat eine Viskosität bei 20° C von 22 bis 25° Engler; ein spez. Gew. bei 15° C von 0,900 bis 0,920.

Es sei daran erinnert, daß in früheren Zeiten reine fette Öle wie Olivenöl, Rüböl oder Rizinusöl verwendet wurden, heute dagegen ausschließlich die geblasenen Öle zugesetzt werden. Über die Eigenschaften und die Herstellung der geblasenen Öle wurde bereits im 1. Kapitel gesprochen. Es sei hier noch eine kleine Vergleichstabelle zwischen den reinen und geblasenen Ölen angeführt.

	Gewicht	Flammpunkt	Viskos. b. 50°
Reines Rüböl	0,915	280°	3,8
Gebl. „	0,975	ca. 280°	26,3
Reiner Tran	0,925	—	4,05
Gebl. „	0,989	—	31,55

Die Steigerung der Viskosität hängt ab von der Dauer des Blasens und auch von der Temperatur, indes werden die Öle, wenn sie über 120° erhitzt werden, meist sehr dunkel. Ein sehr guter Ersatz für die geblasenen Öle ist das Voltolöl, das auf eine wesentlich höhere Viskosität gebracht werden kann, weswegen hier der Zusatz geringer gehalten werden kann als bei jenen.

Die mit Voltol versetzten Mineralöle wirken in der gleichen Weise wie die Marineöle, sie bilden in den Lagern und auf den Gleitbahnen der Kreuzköpfe eine sahneartige, aus emulgiertem Öl bestehende Schmierschicht, welche durch die hin und her gehende Bewegung der Maschinenteile nicht weggenommen wird. Es ist also nur eine geringe Schmierölzufuhr nötig, die

Schmierung wirkt äußerst sparsam, und eine reine Flüssigkeitsreibung ist auch bei den schwersten Belastungen gewährleistet.

Spindelöle.

Spindelöle sind leichte Öle mit einer Viskosität von 3 bis 8 bei 20° und einem Flammpunkt von 140 bis 170° C im offenen Tiegel. Sie unterscheiden sich durch ihren Stockpunkt, der je nach der Herkunft des Öles und nach seinem Paraffingehalt in den weitesten Grenzen von — 25° bis + 10° schwanken kann. Für leichte und sehr schnell laufende Wellen benutzt man Spindelöldestillate, und zwar hauptsächlich an solchen Schmierstellen, an denen die Wiedergewinnung des ablaufenden Öles durch die örtlichen Verhältnisse nicht angängig ist. Es gelten auch hier bezüglich des Reinheitsgrades und der Zähflüssigkeit die gleichen Gesichtspunkte wie bei den Maschinenölen. Je größer die Geschwindigkeit und je leichter die Belastung, um so dünner ist das Öl zu wählen. Das Verwendungsgebiet der Spindelöle ist groß. Für besonders subtile Zwecke wählt man die raffinierten Spindelöle und die Vaselinöle. Zur Schmierung der Spindeln in Woll-, Baumwell-, Jute- und Flachsspinnereien verschmiert man ausschließlich helle raffinierte Öle mit einem möglichst geringen Gehalt an freien Säuren, damit die feinen Eisenteile der Spindellager nicht angegriffen werden. Um bei Kugellagern, Separatoren und Zentrifugen die Schmierwirkung noch zu erhöhen, setzt man oft einen geringen Zusatz an fettem Öl, Rüböl oder Knochenöl, hinzu. Man achte bei Spindelschmierung auf genügende Zähflüssigkeit, damit von dem Öl durch Abschleudern keine Tropfen auf die Faser gespritzt werden. Gelegentlich findet an Webstühlen ein solches Verspritzen von Öl auf das Gewebe statt; diese durch Öl erzeugten Flecke sind außerordentlich lästig, da sie nur sehr schwer bei der weiteren Verarbeitung sich wieder aus der Faser entfernen lassen. Man setzt daher größere Mengen verseifbarer Öle dem Spindelöl zu. Diese Mischungen gehen unter dem Namen Webstuhlöl im Handel. Beim Waschen des Gewebes mit Seifen und Sodawasser wird das fette Öl verseift, und das mit ihm verbundene Mineralöl wird leicht mit herausgelöst. Meist enthalten die Webstuhlöle 5 bis 10% Rüböl. In der Textilfabrikation sind niedrig flammende Öle tunlichst zu vermeiden, da die mit Öl getränkten Faserstoffe sehr leicht zur Selbstentzündung neigen. Ganz besonders gefährlich sind die puren tierischen und pflanzlichen Öle, besonders solche, die an und

für sich schon leicht oxydieren, während die Mineralöle bedeutend weniger Gefahren bieten. Immerhin ist es unzweckmäßig, Öle mit einem Flammpunkt unter 140° zu verwenden. Zusätze von Petroleum sind von den Feuerversicherungen verboten. Der Stockpunkt richtet sich nach dem Verwendungszweck.

Für mechanische Meßinstrumente, Präzisionsapparate, Uhren, Telegraphen und andere elektrische Apparate sind Öle in Gebrauch, welche ganz besonders sorgfältig hergestellt sein müssen. Es dienen hier sehr hell raffinierte, gänzlich säurefreie Vaselinöle, welche sehr häufig mit sehr großen Prozentsätzen von Knochenöl oder Olivenöl verschnitten sind. Da das Öl das Rosten verhindern soll, so ist die Hauptbedingung für alle diese Öle große Beständigkeit, völlige Abwesenheit von sauren und verharzenden Bestandteilen. Es eignen sich neben dem in Amerika viel gebrauchten Spermöl und Lardöl vor allen Dingen das sehr sorgfältig entsäuerte Knochenöl oder Olivenöl. Dieselben müssen sehr kältebeständig sein, damit bei der Winterkälte durch Stearinabscheidung das Öl nicht innerhalb des Apparates fest wird und damit den normalen Gang beeinträchtigt. Für Uhren usw. werden je nach der Größe verschieden viskose Öle in den Handel gebracht, die durch Zusatz von sehr sorgfältig raffiniertem Vaselinöl oder Maschinenöl, meist Paraffinum liquidum, auf die gewünschte Viskosität gestellt werden. Die Zähigkeit soll sich mit der Temperatur möglichst wenig ändern, hier erweisen sich die fetten Öle wesentlich günstiger als die Mineralöle. Nach Cuypers[1]) wird für ein Präzisionstaschenuhrenöl für Gangteile und Steinlöcher bei 10° eine Viskosität = 9,4 bei 20° = 5,25 gefordert, für das Räderwerk bei 10° = 11,65, und bei 20° = 7,25 Englergrade. Für Turmuhren und ähnliche schwere Räder und Zapfen müssen entsprechend viskosere Öle gewählt werden. Für die Maschinerie der Torpedos hat die Marine eine ganz präzisierte Vorschrift herausgegeben, und zwar lautet diese:

„Das Torpedoschmieröl muß ausschließlich eine Mischung von reinem Knochenöl und reinem raffinierten Rüböl sein, hellgelb, klar und durchsichtig, sowie von mildem Geruch. Englergrad bei 20° zwischen 12 und 13,5. Spez. Gewicht 0,913 bis 0,917 bei 15°.

Das Öl soll nach 4stündiger Abkühlung auf — 10° noch fließend und klar sein. Bei — 15° soll das Öl (eine neue Probe)

---

[1]) Cuypers, Deutsche Uhrmacherzeitung 43, S. 368 bis 370.

nach mindestens 4stündigem Abkühlen wenigstens noch dünnsalbig sein; Fließen bei —15° sehr erwünscht. Flammpunkt (P.M.) über 200°; Jodzahl zwischen 77 und 84, Verseifungszahl zwischen 185° und 190°. Der Säuregrad darf 0,14%, berechnet als Ölsäure, nicht übersteigen. Im Durchschnitt soll das Öl säurefrei sein. Harzöl, Teeröl und Mineralöl sollen nicht zugegen sein."

Bei den oben erwähnten Uhrenölen müssen natürlich auch die Mineralöle kältebeständig sein; gut geeignet sind die aus russischen Ölen hergestellten Raffinate. Das Knochenöl selber wird durch wiederholtes Ausfrieren und Abpressen bis zu einer Kältebeständigkeit von —15° hergestellt. Ein solches reines Knochenöl zeigt etwa folgende Analyse: Spez. Gewicht 0,915 bei 15°, Flammpunkt 225°, Viskosität bei 50° 3,6, Stockpunkt —15°.

Zum Schmieren von Fahrrädern und Nähmaschinen werden helle Vaselinöle meist allerdings ohne Zusatz von Fettöl verkauft. Die Öle sind oft entscheint und zuweilen auch schwach gefärbt.

Zur Schmierung von Eisenbahnachsen, Loren und Bergwerkswagen sowie für ähnliche nicht ortsfeste Vehikel dienen die billigsten überhaupt erhältlichen Öle. Hier sind die Rückstandsöle und die Teerfettöle usw. gut verwendbar. Gefordert wird von diesen Ölen nur ausreichende Schmierwirkung und sparsamer Verbrauch. Die Produkte müssen frei sein von Wasser, Schmutz und mechanischen Verunreinigungen. Meist dienen hier die sog. Vulkanöle, Produkte, die direkt bei der Destillation des Rohöls gewonnen werden, und zwar versteht man darunter ein Rohöl, aus dem die leichten Fraktionen durch Destillation entnommen sind, die gesamte Schmierölfraktion und die kohle- und asphalthaltigen Anteile sind hingegen noch darin enthalten. Der Gehalt dieser letzten Bestandteile darf nicht zu hoch werden, damit sich die Lager nicht verstopfen. Die verschiedenen Eisenbahnverwaltungen haben für diese Öle spezielle Bedingungen herausgegeben. Die Viskosität schwankt zwischen 4 bis 10 Englergrad bei 50° C. Der Flammpunkt ist verhältnismäßig gering zwischen 140 bis 160°. Größere Bedeutung hat allerdings der Stockpunkt. Man unterscheidet zwischen Sommeröl und Winteröl, jenes mit einem Stockpunkt von —5°, dieses mit —15°. Die Bestimmung dieses Wertes wird in einem eigens hierfür vorgeschriebenen Apparat (Steighöhe im U-Rohr) vorgenommen. Der Säuregehalt soll 0,3% als SO_3 nicht übersteigen, das Öl darf keine verharzende Eigen-

schaften zeigen. Weniger scharf sind die Anforderungen an die für Huntewagen, Patentachsen und ähnliche Zwecke zu verwendenden Öle.

8. Kühl- und Bohröle.

Beim Bohren, Fräsen und Schneiden von Metall muß man, um eine glatte Schnittfläche zu erzielen, den Bohrer resp. das Metallinstrument durch reichliches Benetzen mit Öl ständig kühlen. Gleichzeitig wirkt das Öl natürlich auch reibungsvermindernd und verhilft durch sein Eindringen in die feinsten Poren des Metallstücks zu einem leichten und widerstandslosen Hinweggleiten des Instrumentes über das zu bearbeitende Werkstück. Während dem Wasser eine größere Kühlwirkung zukommt, bewahren bei Verwendung von Öl die Werkzeuge längere Zeit ihre Schärfe. Bei gröberen Arbeiten verwendet man daher Wasser oder wäßrige Emulsionen von Öl, bei subtilen Schnitten dagegen reine fette Öle oder Gemische von solchen mit Mineralöl. Diese Mischungen, die das früher allgemein verwendete Rüböl ersetzen, werden Rübölersatz genannt. — Durch die Praxis ist bewiesen worden, daß reines Mineralöl bei weitem nicht so günstig wirkt, wie Rübölersatz oder sonst ein mit einem fetten Öl verschnittenes Schmieröl. Es dienen daher meist als Kühlöl oder Automatenöl Gemische von Raffinaten mit 5 bis 15% Rüböl oder Knochenöl. Die Zähigkeit dieser Öle soll nicht zu hoch gewählt werden, weil hierdurch nur ein übermäßig großer Verbrauch an Öl verursacht wird, denn an den Werkstücken bleibt um so mehr Öl haften, je viskoser es ist. Meist schwankt die Viskosität zwischen 3 bis 5 Englergrad bei 50°. Man zieht die Raffinate vor, da sie infolge ihres geringeren Säuregehaltes weniger leicht Veranlassung zum Rosten der Eisenteile geben. Indessen hat man auch mit Destillaten recht gute Erfolge erzielt; ja während des Krieges wurden auch Schieferöle und Teerfettöle ohne große Nachteile verarbeitet.

In den Fällen, wo die Rostgefahr nicht so groß und die Kühlung nicht intensiv, andrerseits die Instrumente nicht so empfindlich und sorgsam gegen die Abnutzung bewahrt werden müssen, verwendet man die sog. wasserlöslichen Bohröle oder Bohrfette. Die Bezeichnung „wasserlöslich“ ist nicht völlig korrekt, da sich das Öl im Wasser nicht löst, sondern nur in feinsten Tröpfchen emulgiert und dann eine weiße milchige Flüssigkeit darstellt. Über die Eigenschaften sowie über die an sie zu stellenden Anforderungen wurde bereits gesprochen

(s. S. 123). Die Haupterfordernisse eines guten Bohröles sind: gute Emulsionsfähigkeit in Wasser, Beständigkeit der Emulsion, Abwesenheit von Säuren, um das Rosten der damit behandelten Teile zu vermeiden. Von den während des Krieges in üppigem Flor stehenden Ersatzmitteln dürften wohl die meisten vom Markte verschwunden sein. Es waren dies meist alkalisch reagierende wäßrige Lösungen mit hohem Wassergehalt und geringen Zusätzen an Teeröl oder Sulfitlauge.

Ein gutes Bohröl soll nur aus Mineralöl und Seife bestehen, es muß durchsichtig sein und klar und die Farbe eines Mineralöls aufweisen. Die im Handel befindlichen Bohrpasten von salbiger Konsistenz sind erzeugt durch stärkere Verseifung eines festen Fettes. Sie müssen leicht und schnell in Wasser sich lösen, eine bleibende Emulsion bilden. Beim Kauf lasse man sich einen bestimmten Wassergehalt oder Fettgehalt garantieren. Zur Herstellung der 5 bis 10%igen Emulsionen löst man das Öl oder Fett in einem mit Rührwerk versehenen Bottich auf, unter Verwendung von warmem Wasser, und führt nun diese Emulsion durch eine Rohrleitung den einzelnen Verbrauchsstellen zu, die ablaufende Flüssigkeit wird in ein Sammelgefäß geleitet, woselbst sich Schmutz und die Metallspäne absetzen. Die geklärte Flüssigkeit pumpt man dann wieder an die Werkbänke, nachdem man sie durch Zugabe geringer Mengen frischen Öles regeneriert hat. Man erhält auf diese Weise ein gleichmäßiges und sehr gut emulgiertes Produkt. Ersparnisse lassen sich weiterhin dadurch erzielen, daß man die Späne in einer Zentrifuge abschleudert. Dies gilt besonders bei Verwendung von reinem Öl, d. h. von solchem, das nicht wasserlöslich ist. Man kann hier noch bedeutende Mengen Öl wiedergewinnen und hat bis zu 60% dem Verbrauch zurückgeführt.

9. Öle zum Härten und Vergüten von Stahl und Eisen.

Zum Härten und zum Vergüten von Stahl- und Eisenwerkzeugen und Maschinenteilen werden diese auf hohe Temperatur erhitzt und dann mehr oder weniger schnell abgekühlt. Hierbei findet eine physikalische Veränderung im Gefüge des Materials statt und je nach der Geschwindigkeit des Abkühlens treten mehr oder minder starke Spannungen auf. Zum Ausgleich dieser werden dann die Werkzeuge oder Maschinenteile in einem Vergütebad längere Zeit auf Temperaturen von 250 bis 280° C erwärmt.

Je plötzlicher die Abkühlung erfolgt, um so stärker sind

die auftretenden Spannungen und es wächst die Sprödigkeit des Materials. Der chemische Charakter des Öles ist daher ohne Einfluß auf die Wirkung des Härtens, bestimmend dagegen ist die Wärmeleitfähigkeit, Verdampfbarkeit und die spezifische Wärme des Kühlmittels.

Wasser mit hoher spezifischer Wärme und der hohen Verdampfungswärme wirkt sehr schroff, dagegen sind die entsprechenden Werte für Mineralöl, Petroleum und fette Öle niedriger und nahezu übereinstimmend und wesentlich geringer. Die spezifische Wärme ist etwa halb so groß und die Verdampfungswärme 7 mal geringer. Vor dem Kriege wurde zum Härten des Stahls fast ausschließlich reines Rüböl verwendet, später ein Gemisch von Mineralöl und Rüböl. Es ist auf Grund der physikalischen Eigenschaften zu beweisen, daß auch reines Mineralöl in gleicher Weise wirken wird. Man hat dann auch mit gleichem Erfolge Rückstandsöle und Ablauföle benutzt. Teeröle sind wieder verworfen worden, da sie beim Eintauchen des glühenden Werkstückes sehr unangenehme, die Arbeiter belästigende Dämpfe entwickeln.

Um einen schnellen, aber auch gleichförmigen Wärmeaustausch zu erzielen, wird das glühende Stahlstück während des Abkühlens im Öl hin und her bewegt und das Ölbad selber durch ein ihn umgebendes Wasserbad stark gekühlt. Ein hoher Flammpunkt des Öles ist natürlich Haupterfordernis, da beim Einsenken stets eine Entflammung des Öles erfolgt. Durch geeignete Abdichtungsvorrichtungen verhindert man das Ausbrennen des Ölbades. Steht dieses wirklich einmal in Brand, so pumpt man das Öl von unten her in ein bereitstehendes Reservegefäß ab. Öle mit niedrigem Flammpunkt verdunsten natürlich auch stärker und bedürfen daher auch einer aufmerksameren Wartung. Die Zähflüssigkeit dieser Öle wählt man zwischen 3 bis 6 Englergrad bei 50° C. Destillate zeigen insofern Nachteile, als durch die jeweils auftretenden Überhitzungen diese mehr Zersetzungsprodukte liefern als die raffinierten Öle. Die so sich bildenden Rückstände setzen sich in den Ölkühlern fest und diese verlangen alsdann eine öftere Reinigung. Mit der Viskosität dieser Öle gehe man nicht zu hoch, da die zähflüssigen Öle in größeren Mengen am Metall haften bleiben und in der Umlaufschmierung eine größere Arbeitsleistung für die Bewegung verlangen. Durch die Kühlung wird das Ölbad auf eine Temperatur von ca. 30° C gehalten und soll während der Dauer des Betriebes nicht über 100° C steigen.

Als Vergüteöl dient ein sehr hochflammendes Öl von meist großer Zähflüssigkeit. Beim Anlassen oder Vergüten wird das Eisen oder Stahlstück in dieses auf 200 bis 220°, ja bis zu 280° erhitzte Ölbad getaucht und längere Zeit darin belassen. Um Entzündungen zu vermeiden, wählt man den Flammpunkt möglichst hoch; sehr zweckmäßig sind Zylinderöle, die sich auch bei dauernder Erwärmung nicht zu stark zersetzen und geringe Verdampfungsverluste aufweisen. Das Öl spielt also hier nur die Rolle eines Wärmeträgers, auf spezifische Eigenschaften kommt es dabei nicht an. In den meisten Fällen wird also ein genügend hoch flammendes Mineralöl vollauf genügen.

10. Starrschmieren.

Nach der von der K.S.G. herausgegebenen Anleitung kann man die Starrschmieren definieren als Schmiermittel, die bei gewöhnlicher Temperatur fest oder salbenartig sind. Sie sollen eine völlig homogene Masse bilden und sich im Gebrauch oder beim Lagern nicht entmischen, noch beim Liegen an der Luft eintrocknen oder hart werden.

Man kann die Starrschmieren einteilen in:

I. Reine Starrschmieren,
  a) mit Seifengrundlage, unter 5 % Asche,
  b) ohne Seifengrundlage, unter 1 % Asche.

II. Gefüllte Starrschmieren mit einem Gehalt über 5 % Asche,
  a) solche, die nur Graphit enthalten, neben der zur Verseifung dienenden Base,
  b) solche, welche andere Füllstoffe enthalten, z. B. Schwerspat, Benzin, Talkum oder dgl.

Chemisch analog, jedoch physikalisch durch ihre Struktur und Konsistenz verschieden von den Starrschmieren sind die Walzenfette und Vaselinbriketts, die im Anschluß hieran besprochen werden sollen.

Zunächst ist die Frage zu erörtern, ob und unter welchen Umständen die Schmierung mit einer Starrschmiere der Ölschmierung vorzuziehen sei. Die früher allgemein verbreitete Meinung, daß die Fettschmierung wesentliche Ersparnisse bedeute, veranlaßte besonders in den Zeiten des Ölmangels viele Verbraucher zu weitgehendster Anwendung dieser Methode. Nicht in Betracht gezogen wurde indes dabei der hiermit verbundene größere Kraftverbrauch, so daß letzten Endes ein Gewinn mit Bezug auf Wirtschaftlichkeit nicht erzielt werden

konnte. Trotzdem nimmt die Fettschmierung im gesamten Schmiermittelgebiet einen recht weiten Rahmen ein und die hierher zu rechnenden Produkte zeichnen sich durch die größte Mannigfaltigkeit aus.

Die Starrschmieren ohne Seifengrundlage bestehen meist aus einem zusammengeschmolzenen Gemenge der verschiedensten Fettstoffe, wie Paraffin, Zeresin, Talg, Wollfett, Wachs, Destillationsrückstände der verschiedensten Art mit Mineralöl, Teeröl unter Beimengung von anorganischen Stoffen, wie Graphit, Talkum u. dgl. Diese Produkte zeigen meist einen niedrigen Schmelzpunkt und geringen Gehalt an Wasser. Nach den wechselnden Verwendungszwecken sind die Mischungszutaten zu wählen. Zur Erreichung von Klebrigkeit und genügendem Haftvermögen werden Harz, Harzöl und Wollfett zugesetzt, zur Erzielung einer erhöhten Fettigkeit Talg, Wollfett und andere fette Öle. Die Konsistenz dieser Produkte wird durch die Menge an festen hochschmelzenden Substanzen, wie Paraffin, Zeresin, Wachs und goudronartige Rückstände reguliert.

Aus der großen Zahl der hierher zu rechnenden Produkte seien nur einige wenige angeführt. Auf die Eigenart und die Verwendungszwecke dieser kann nur ganz kursorisch eingegangen werden. Beschrieben werden hier auch nur solche Artikel, die sich in größeren Betrieben allgemein vorfinden, und zwar zuvörderst diejenigen, welche durchweg ohne Verseifung hergestellt werden.

Zahnradglätten und Kammradschmieren dienen zum Schmieren von Eisen- und Holzzahnrädern, auch Förderketten werden mit ähnlichen Produkten gefettet. Diese Schmieren sollen einerseits die Reibung vermindern, die Zähne der Räder und die Kettenglieder vor Abnutzung schützen und das Heißlaufen verhüten. Die Geschwindigkeit der Bewegung an diesen Maschinenteilen ist meist gering, dagegen der Druck häufig außerordentlich groß. Die hierfür verwendbaren Fette müssen ein gutes Anhaftvermögen besitzen und einen nicht zu niedrigen Schmelzpunkt aufweisen. Die Konsistenz soll fester sein als bei gewöhnlichen Fetten, dagegen darf das Material nicht bröcklig werden wie beim Paraffin. Meistens bestehen diese Mischungen aus Wollfett oder Wollfettprodukten mit Zusätzen von Talg, Paraffin und größeren Mengen von Graphit oder Talkum als Füllmaterial. Auch Rückstände aller Art werden hier mit hineinverarbeitet.

Die Hanf- und Drahtseilschmieren haben den Zweck, einerseits das Seil zu fetten und es zugleich mit einer Schicht zu bedecken, welche es gegen die äußeren Einflüsse, Staub, chemisch wirksame Dämpfe aus dem Betrieb und Feuchtigkeit, also kurz gesagt gegen das Rosten schützt. Gleichzeitig sollen die Fette so zusammengesetzt sein, daß das Seilmaterial konserviert und nicht angegriffen wird. Für Drahtseilschmieren werden vielfach Gemische von Wollfett, Graphit, Mineralöl und Paraffin, auch Harz und Leinöl verwendet. Teer und Braunkohlenteerprodukte in Verbindung mit Talg, fettem Öl und minderwertigem Öl wurden im Kriege vielfach verarbeitet. Bei den Hanfseilschmieren fehlt meist der Leinölzusatz. Ähnliche Zusammensetzung haben auch die Kettenschmieren von Brunnen, Aufzügen usw. Besondere Beachtung verdienen die Kettenfette von Fahrrädern. Diese müssen genügend fest und hochschmelzend sein, damit sie bei Sommerwärme nicht abschmelzen und dann die Kleider beschmutzen.

Dampfhahnschmieren. Die am Manometer und den Schaugläsern befindlichen Hähne bedürfen eines Dichtungsmaterials. Bei den hier herrschenden hohen Temperaturen können nur sehr hoch schmelzende Produkte zur Verwendung kommen. Vielfach bedient man sich verseifter Fette, häufig jedoch werden Gemische von Wollfett, Harz, Graphit mit Gummi als Dampfhahnschmieren gebraucht. Auch gewisse Prozentsätze von Schwefelblüte werden hinzugesetzt, wodurch ein hoher Schmelzpunkt erzielt wird. Je nach der Art der Dämpfe, ob sauer, alkalisch oder sonst chemisch wirksam, muß man das Dichtungsmittel wählen; bei Dämpfen, welche Kautschuk lösen, darf dieser natürlich nicht verwendet werden.

Stopfbüchsenpackungen. Ganz ähnlichen Bedingungen sind die Stopfbüchsenpackungen unterworfen. Auch hier wirken hohe Temperaturen und chemisch wirksame Flüssigkeiten oder Dämpfe auf die Dichtungsmasse ein. Sie müssen dementsprechend ausgewählt werden. Das Packungsmaterial der Stopfbüchsen wird mit dem Schmierstoff getränkt und soll zugleich dichtend und schmierend wirken. Diese für Baumwoll, Hanf- oder Asbestpackungen dienenden Imprägniermassen bestehen vielfach aus einer Mischung von Zylinderöl mit Graphit oder Talkum unter Zusatz irgendwelcher fetten Öle, auch kondensierter Öle. Zur Erzielung der gewünschten Konsistenz setzt man geeignete Mengen Zeresin oder Paraffin zu. Die Wahl einer brauchbaren Stopfbüchsenpackung ist von großer Wichtigkeit, da schon häufig mangelhafte Schmierung an dieser Stelle

der Grund war zu Rückstandsbildung im Zylinder und somit zu bedeutsamen Schädigungen der Maschine geführt hat.

Ein Gebiet, das für den Betriebsmann von großem Interesse sein sollte und seine Aufmerksamkeit durchaus verdient, ist die sachgemäße Behandlung und Konservierung der Treibriemen, vorzüglich der Ledertreibriemen. Diese stellen heute einen nicht unbedeutenden Wertfaktor innerhalb des Betriebes dar. Das Bestreben des Betriebsleiters wird es also sein, diesen Posten seines Etats möglichst niedrig zu halten und für die Erhaltung der Treibriemen sowie für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Maschinen, die wiederum durch einen geeigneten Riemenantrieb bedingt ist, Sorge zu tragen. Es dürfte daher wohl angebracht sein, die Wirkung und die Eigenart der Riemenadhäsionsfette, besser Riemenkonservierungsfette mit wenigen Worten darzustellen. In früheren Zeiten legte man den Hauptwert darauf, die Treibriemen mit einem Stoff zu bestreichen, der ein Abgleiten des Riemens von der Scheibe verhindern und ein gutes Anhaften bewirken sollte. Solche „Adhäsionsfette“ sind zum Schaden der Leder auch heute noch vielfach in Gebrauch und setzen sich zusammen aus großen Mengen Harz, Paraffin, Öl und geringeren Zusätzen von Tran, welches als Konservierung dienen soll. wobei nicht berücksichtigt wird, daß sowohl Harz wie auch die Mineralstoffe das Leder hart und brüchig machen und zu seiner schnellen Vernichtung beitragen. Ganz zu verwerfen sind solche Produkte, die zur Erzielung eines niedrigeren Preises mit Talkum oder sonst einem Beschwerungsmittel versetzt sind. Die Adhäsionsfette kommen in fester und halbfester Form in den Handel, entweder in Stangen oder Tüten, welche man direkt auf dem Riemen schleifen läßt, wohingegen die halbflüssigen Produkte durch Erwärmen erst völlig verflüssigt und dann mit einem Pinsel aufgetragen werden.

Es ist nun aber eine Tatsache, daß gut gefettete und geschmeidige Riemen gar keines Adhäsionsfettes bedürfen, sofern sie eben glatt auf der Scheibe aufliegen und sich durch ihre Geschmeidigkeit voll an diese anlegen. Somit erreicht man einen viel besseren Erfolg und trägt auch zur Erhaltung des Leders bei, wenn man den Riemen fettig und geschmeidig hält. Geeignete Lederkonservierungsmittel sind Mischungen von Talg, Tran, Wollfett sowie Rizinusöl; zur Erzielung einer entsprechenden Konsistenz und Härte kann Stearin oder auch ein Wachs dienen. Harz ist unter allen Umständen zu verwerfen. Besonders geeignet ist das Wollfett, dessen Klebrigkeit durch

geeignete Zusätze Tran ausgeglichen werden kann. Diese Schmieren sind in feuchtem Zustand, also möglichst als Emulsion und in der Wärme aufzutragen, damit die Fettsubstanz in die Poren des Leders völlig eindringt und sich darin gut verteilt. Der große Mangel an fetten Ölen und Fetten zwingt dazu, auf vaselinartige Mischungen zurückzugreifen, also auf Mischungen von Mineralöl mit Zeresin und Paraffin mit Zusätzen von fettsaurem Aluminium und Wollfett.

Für Textilriemen, die aus einem Faserstoff geflochten sind, bedarf es wesentlich anderer Mittel. Statt eines Geschmeidigmachens der Riemen ist hier eine Art Appreturmasse vonnöten, die das Gewebe verklebt. Man nimmt hierzu Leinölpräparate, die mit Rizinusöl geschmeidig gemacht sind. Um alte eingetrocknete Riemen dieser Art wieder aufzufrischen, hat sich das Bestreichen mit Benzin oder Terpentinöl, in dem die spröde Imprägnierung quillt, gut bewährt. Auch die leichtklebenden Wollfettpräparate können als Adhäsionsfette für Textilriemen verwendet werden.

Während des Krieges kamen dann auch vielfach aus Papierstoff oder Textilose hergestellte Riemen in Aufnahme. Soweit diese noch im Betrieb sind, hat man vor allen Dingen dafür zu sorgen, daß sie nicht mit Wasser in Berührung kommen. Sie werden dann weich und zerfallen. Man imprägniert sie vorteilhaft mit Gemischen von Teeröl, Paraffin und Wollfett.

Die Kunstriemen und Balatariemen bedürfen keiner Schmierung, hier ist es nur notwendig, die etwa entstandenen Risse durch Gummilösung u. dgl. auszufüllen.

Während und nach dem Kriege war man in sehr vielen Fällen gezwungen, für alle diese Spezialitäten statt des Wollfettes und der fetten Öle zu Ersatzstoffen zu greifen. Abfallfette, wie sie aus den entfetteten Ledern gewonnen wurden, Produkte der Braunkohlendestillation und des Steinkohlenteers wurden hierfür herangezogen. Speziell das Montanwachs und ferner verschiedenartige Goudronarten mußten in vielen Fällen in die durch das Ausbleiben der Einfuhr entstandenen Lücken einspringen.

Irgendwelche Normen oder spezielle Prüfungsverfahren gibt es für die hier angeführten Produkte bisher noch nicht, vielmehr ist der Käufer darauf angewiesen, durch direktes Erproben am Verwendungsort sich über die Brauchbarkeit des Artikels ein Urteil zu bilden. Indessen dürfte es nicht allzuschwer sein, bei klarem In-Erwägung-ziehen der obwaltenden Umstände das Geeignete herauszufinden.

Die verseiften Starrschmieren.

Einen weiten Raum des Schmiermittelgebiets nehmen die Herstellung und Verwendung der verseiften Starrschmieren ein, über die im Kapitel II, Seite 121 schon eingehend gesprochen worden ist. Gegenüber der Verwendung von Ölen zeigen die Fette den Vorteil, daß sie die Maschinen weniger beschmutzen. Über ihre Verwendung an schwer zugänglichen Stellen und ihre größere Sicherheit beim Schmieren schwer zu kontrollierender Maschinenteile wurde schon hingewiesen. Man wird also dort zur Fettschmierung greifen, wo die Zuführung und Erhaltung des Schmieröles auf den Gleitflächen mit Schwierigkeiten verbunden ist, z. B. bei Leerscheiben der Triebwerke, bei Kreuzkopf- und Kurbelzapfen und bei andern schwer zugänglichen Maschinenteilen. Zur Füllung der Staufferbüchsen, wie sie allgemein an den Lagern, speziell an stehenden Wellen angebracht sind, bedient man sich eines gewöhnlichen konsistenten oder Tovotefettes von mittlerer Konsistenz. Der Schmelzpunkt beträgt etwa 70 bis 85° C, zu niedrig schmelzende Fette fließen zu schnell fort und sind auch zu wenig sparsam im Gebrauch, zu hoch schmelzende Fette hinwiederum geben zu wenig Fettstoff ab und setzen sich leicht in den Schmierkanälen fest. Die Wahl in der Konsistenz hat sich daher nach der Schwere der Lager und nach der Höhe der Temperatur zu richten.

Der Mangel an Fettstoffen im Kriege veranlaßte zu Versuchen, aus Montanwachs und aus verseifbaren Ölen, die bei der Braunkohlenvergasung abfallen, konsistente Schmieren herzustellen. Nach vielen vergeblichen Versuchen, die durch die Unkenntnis der Eigenart des Stoffes sowie durch die Ungleichmäßigkeit im Ausfall des Materials bedingt waren, gelang es dann, recht brauchbare Produkte herzustellen. Heute allerdings ist man, soweit nicht Wagenfette in Frage kommen, durchweg zur Verarbeitung von fetten Ölen und Mineralölen, meist Raffinaten, zurückgekehrt.

Die Beurteilung und Bewertung der Fette leidet noch immer unter dem Mangel an wirklich einheitlichen und brauchbaren Methoden. Neben dem Kißlingschen Konsistenzmesser ist kein verwendungsfähiger Apparat bekannt, auch erlaubt dieser kein Urteil über die Schmierwirkung des Fettes. Ebensowenig ist der Tropfpunkt ein bindendes Kriterium für die Beurteilung des Fettes; immerhin gibt der Punkt des beginnenden Fließens sowie die Spannung zwischen Fließ- und Tropf-

punkt einen Anhalt dafür, ob das Material ordnungsgemäß gearbeitet worden ist. Bei einem gewöhnlichen Tovotefett ist die Temperaturdifferenz ca. 5—10°, hingegen kann sie bei den hochschmelzenden Fetten 30—50° und mehr betragen. Die Güte eines Fettes ist ferner bedingt durch die Abwesenheit von freien Säuren, von Alkali und fremden Bestandteilen. Häufig findet man Holzspäne oder Sand darin, die aus dem schlecht gesiebten Kalk stammen. Die verderbliche Wirkung solcher Beimengungen bedarf weiter keiner Erläuterung. Auf völlige Homogenität des Schmierstoffes ist besonderer Wert zu legen, da die Klumpen und Knoten sonst leicht die Zuführungskanäle zustopfen. Dabei ist zu bedenken, daß das Fett in den Schmiergefäßen und Zuleitungskanälen unter starkem Druck stehen, bei gefüllten und nicht verseiften Starrschmieren kann hierbei leicht eine Entmischung stattfinden. Sind die Lager hohen Temperaturen ausgesetzt, so tritt schnell eine Verflüssigung des Fettes ein, es tropft sehr schnell an der Berührungsstelle ab, ohne daß man von außen etwas davon wahrnimmt, und die Schmierbüchse scheint noch völlig mit Substanz gefüllt.

Für die Schmierung von Kugellagern dienen vorzüglich unbeschwerte konsistente Fette von geeignetem, der Temperatur des Lagers angepaßtem Schmelzpunkt. Für kleinere Kugellager, wie sie sich an Fahrrädern finden, welche zumeist noch hermetisch verschlossen, verschmiert man gern eine leicht schmelzende Vaseline oder ein mittelflüssiges Öl mit oder ohne Fettzusatz. Da diese mit empfindlichen Eisenteilen in Berührung kommen, ist absolute Säurefreiheit und Neutralität erforderlich.

Eine ganz besondere Art der Schmierstoffe bedürfen die früher erwähnten Netzpolster. Das dichte Gewirr von Wollfäden des Netzpolsters ist mit einem dickflüssigen Fett getränkt einer Art Keystonefett, das die Eigenart besitzt, große Mengen Öl aufzunehmen und dadurch die Vorteile des dünnflüssigen Öles mit denen des bei der Schmierung sehr wirksamen Fettes vereinigt.

Für besonders exponierte Stellen, z. B. für Rollgangslager, Lager von Gießkranen für Fettlager der Drehöfen und horizontale Führungsrollen von Drehöfen, für Kalander usw., also überall da, wo durch leitende oder strahlende Hitze die Temperatur über 60° steigt, verwendet man zweckmäßig die über 100° fließenden, bei 130—150° schmelzenden Heißlagerfette oder die Kalypsolschmierung. Die unter diesem Namen be-

kannte Schmierung stammt aus Amerika. Die heißen Lager sind von großen, kistenförmig ausgestalteten Schmierbehältern umgeben, deren Innenwände schräg zur Welle ablaufen. An diese Flächen werden mit Kalypsol getränkte reine Wollfäden angebracht, so daß diese dicht an der Welle anliegen. Der Rest des Behälters wird mit dem Kalypsolfett gefüllt. Es ist dies ein auf Basis einer Natronseife hergestelltes hochschmelzendes konsistentes Fett, das durch ein besonderes Verfahren, Erhitzen und Verseifung über direktem, offenem Feuer, gewonnen wird. Bei der im Lager auftretenden Wärme wird es noch nicht flüssig, erweicht dagegen durch die Reibung und gibt, ohne zu tropfen, genügend Fett an die an ihm sich reibende Welle ab. Diese Schmieren haben eine eigenartige faserige Struktur, fühlen sich fettig, nicht ölig an.

Sind die Anforderungen bezüglich der Temperatur nicht so groß, sondern handelt es sich nur um schwer belastete Maschinenteile, so sind die fetthaltigen hochschmelzenden Keystonefette am Platze. Diese Starrschmieren zeigen große Widerstandsfähigkeit gegen Druck, schmelzen bei 90—100° und erleiden beim Gebrauch keine oder nur geringe Veränderung. Es ist nämlich festgestellt worden und die Arbeiten von Clubow und Taylor[1]) weisen darauf hin, daß bei der Verwendung konsistente Fette ihre Eigenschaften wesentlich verändern. Die Schmierfette zeigten nach dem Gebrauch eine andere Viskosität, obwohl die Temperatur während der Verwendung im Lager konstant geblieben war, Konsistenz und Viskosität der Fette sind also keine fest definierten Eigenschaften, sondern sind gewissen Veränderungen unterworfen. Dies scheint um so erklärlicher, als man annehmen muß, daß die Fette kolloidale Auflösungen der Seifen im Mineralöl sind, welche durch die dauernde Reibung und Bewegung in ihrem Zustand geändert werden. Es hat sich auch gezeigt, daß ein langsam gekühltes Fett eine höhere Anfangsviskosität besitzt und diese auch länger beim Schmieren behält, als ein schnell abgekühltes Fett.

Zur Verbilligung der Fette werden häufig Füllmaterialien dem Fette einverleibt; dieselben betragen meistens 10 % und sollen 25 % nicht überschreiten. Für gewisse Spezialzwecke, wie Radschmieren und Kammwalzenfette, gibt man bedeutende Zusätze von Graphit. Dieser ist nicht als eigentliche Be-

---

[1]) Clubow und Taylor, C. 1921, II, S. 517; Journ. Soc. Chem. Ind. 39, I, 291/95.

schwerung anzusehen, dagegen rechnet man hierzu Schwerspat, Gips und ähnliche Füllmaterialien.

Für die Schmierung der untergeordneten Maschinenteile, den Schmierstellen entsprechend, an denen man als flüssiges Schmiermittel Teeröl, Rückstandsöl und ähnliches verwenden würde, verschmiert man Starrschmieren, die als Wagenfett und Wagenschmieren in den Handel kommen. Sie dienen für die Achsen an Lastwagen, Kippwagen, Huntewagen, Förderwagen und Loren. Für die letztbenannten wird ein beinahe flüssiges Fett, das „Spritzfett", in großem Maße verwendet. Man bringt es mit Spritzen an die betreffenden Schmierstellen. Über die verschiedenen Herstellungsverfahren aus Harzöl und Kalk auf kaltem Wege, sowie aus Montanwachs in Verbindung mit Rückstandsölen, Teer und Teerfettölen, auch Rückständen aller Art, wurde im vorhergehenden schon eingehend gesprochen, ebenso war auf die verschiedenartigen Ersatzstoffe, wie Kalimineralfett und dergleichen, schon hingewiesen. Die Verwendung dieser Produkte an Stellen, die keine sehr großen Anforderungen an die Schmierwirkung und an ihre Unveränderlichkeit stellen, hat zur Folge gehabt, daß die verschiedensten, auch minderwertigsten Stoffe hier hinein gearbeitet worden sind, so daß die Darstellungsmethoden und die Zahl der Qualitäten unverhältnismäßig groß ist. Wie bei den Achsenölen muß man aber ein Mindestmaß von Schmierwirkung fordern, und verlangen, daß keine Beimengungen vorhanden, die die Lager und Achsen schädigen können. Für Seilschmieren und Kettenschmieren und dergleichen Verwendungszwecke dienen ähnliche gleich dem Wagenfett verseifte Starrschmieren, die meist eine geringere Konsistenz, dagegen ein größeres Anhaftvermögen aufweisen.

Vaselinbriketts, Walzenfettbriketts und Heißwalzenfette.

Bei der Besprechung der Kalypsolschmierung und Heißlagerfette wurde bereits auf die Schmierung mit Briketts hingewiesen. An sehr heißen Lagern, die einer von außen herzutretenden Erwärmung ausgesetzt sind, sei es durch Strahlung, sei es durch Leitung, werden Vaselinbriketts angewendet. Für die Schmierung der hocherhitzten Kalander in der Papierfabrikation, an den horizontalen Lagern von Drehöfen und ähnlichen Schmierstellen sind diese Produkte, die in der Form von Blöcken und Riegeln verkauft werden, durchaus geeignet. — Die Vaselinbriketts sind mit Natron verseifte Fette auf

Basis von Harz und Wollfett mit einem Raffinat, welche nicht wie die konsistenten Fette ausgerührt, sondern in Blöcke gegossen und dann in geeignete Riegel zerteilt werden. Sie zeichnen sich aus durch ihren hohen Schmelzpunkt, hohe Schmierfähigkeit und eine gewisse Biegsamkeit und Elastizität. In dünne Scheiben geschnitten, sind diese durchscheinend und elastisch oder biegsam. Gegen Wasser zeigen sie sich, da ja Natronseife ihr Hauptbestandteil ist, äußerst empfindlich, sie lösen sich darin sehr leicht auf und werden weggespült.

Nicht zu verwechseln mit den Vaselinbriketts sind die Walzenfettbriketts, welche zur Schmierung der Walzenzapfen und Lager an den Walzenstraßen der Stahl- und Walzwerke dienen. In der Vorkriegszeit verwendete man für diesen Spezialzweck passend geschnittene Speckstücke oder Talg, uns heute etwas kostbar scheinende Schmierstoffe, die aber infolge ihrer außerordentlich günstigen Wirkung und ihrer Preiswürdigkeit durchaus zu billigen waren. Erst während des Krieges ging man allgemein zur Schmierung mit Briketts über. Anfangs wurden diese aus Wollfett, Wollpech, Stearinpech und dunklen Ölen hergestellt, mit dem eintretenden Mangel an diesen Stoffen griff man zur Verarbeitung von Montanwachs. den Abfallprodukten der Braunkohlenteerdestillation und anderen Rückstandsprodukten, und nach mannigfachen Bemühungen gelang es dann, aus diesen verhältnismäßig billigen Stoffen ein für die immerhin hochgestellten Ansprüche der Walzenschmierung brauchbares Brikett zu fabrizieren. Die bei der Schmierung der Walzen vorliegenden Verhältnisse sind ganz besonderer Art und als abnorm zu bezeichnen. Die nach ihrer Größe verschieden stark ausgebildeten Zapfen ruhen in den Lagern der Walzenständer und sind während des Ganges sehr starken und plötzlich einsetzenden hohen Drucken ausgesetzt. Die Geschwindigkeit wechselt mit den Dimensionen, kleinere Walzen rotieren relativ schnell. Bemerkenswert ist vor allen Dingen die hohe Temperatur, denen die Lager ausgesetzt sind. Die durch die Walzen getriebenen hellrot glühenden Blöcke, Schienen, Bleche und Drähte strahlen eine bedeutende Hitze aus, so daß die Lager und Zapfen mit einem intensiven Wasserstrahl gekühlt werden müssen, um sie nicht einer gar zu schnellen Vernichtung anheimfallen zu lassen.

Zwischen Zapfen und Ständer sind Aussparungen gelassen, in welche die passend geformten Brikettstücke derart eingelegt werden, daß sich die rotierenden Walzenzapfen mit Schmierstoff überziehen.

Aus diesen dargelegten Verhältnissen ergeben sich die zu fordernden Eigenschaften. Um dem großen Druck zu widerstehen, müssen die Briketts bei gewöhnlicher Temperatur fest und hart sein, so daß beim kräftigen Aufdrücken mit dem Finger nur ein schwacher Eindruck hinterbleibt, indes dürfen sie nicht so hart und spröde sein, daß sie beim Auffallen auf den Boden zerspringen. Bei höherer Temperatur, etwa bei 80°, sollen sie nicht erweichen und müssen ihre Form vollkommen bewahren. Der Schmelzpunkt schwankt zwischen 100 bis 130°. Die Abgabe von Fettstoff bei der Schmierung muß genügend groß sein und hängt auch ab von der Größe der aufliegenden Fläche. Beim Aufspritzen des Wassers darf das Brikett nicht weggespült werden, sich nicht zu intensiv verseifen, immerhin aber soviel Schmierstoff abgeben, daß der Walzenzapfen mit einer glatten, gleichmäßigen, schwach verseiften Emulsionsschicht überzogen ist. Von gewissem Einfluß ist natürlich auch die Stärke des Wasserstrahls sowie die Beschaffenheit des Wassers. Hartes Wasser erschwert die notwendige geringe Verseifung. Schmelzpunkt, Fettigkeit und Form richten sich nach der Temperatur, Schwere, Größe und Geschwindigkeit der Welle. Es ist anzustreben, für Blockstraßen-, Blech- und Drahtwalzen sich den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Produkte zu beschaffen. Über die Wichtigkeit und die Bedeutung einer guten Brikettschmierung macht man sich nur schwer eine richtige Vorstellung. In einem Werk in Oberschlesien betrugen die Auslagen für die Ergänzung des Lagermetalls in einem Monat mehrere 100000 Mark, und zwar weil es an einem geeigneten Schmiermittel fehlte. Bei mangelhaftem Material ergänzt man die Schmierung durch Auftragen von Teeröl, Abfallöl unter Zusatz von Graphit mittels Pinsel oder Quast. Bemerkenswert sind die Bestrebungen, eine rationelle und verhältnismäßig billige Schmierung durch Anbringung einer Umlaufschmierung zu erreichen. Man bildet die Walzenlager als geschlossene aus und schmiert sie in gleicher Weise wie die geschlossenen Maschinenlager. Eine Wandlung auf diesem Gebiet ist durchaus anzustreben.

Kurz erwähnt werden muß noch die Schmierung der Feinblechwalzen, da hier die Verhältnisse wieder ganz anders liegen. Während bei den groben Walzen und solange das Material noch nicht zur größten Feinheit ausgewalzt, die direkte Wasserkühlung durchaus zulässig, ist beim Auswalzen der Feinbleche eine Kühlung der Zapfen nicht möglich, da hierbei die an und für sich nur schwach glühenden Bleche

eine zu starke Abkühlung erfahren würden. Infolgedessen nehmen bei diesen Kaltwalzen die Lager und Zapfen eine besonders hohe Temperatur an. Eine Schmierung mit Briketts ist hier nicht mehr angängig. Als Heißwalzenfett verwendet man gewisse zwischen 60 bis 80° C schmelzende Erdölrückstände, die dann im flüssigen Zustande auf den Zapfen gegossen werden. Gefordert wird ein sehr hoher Flammpunkt von über 300°, damit die Qualmentwicklung nicht zu stark und die Gefahr des Sichentzündens nicht zu groß wird. Steinkohlenteer und ähnliche Rückstände sind deswegen weniger geeignet. Man hat dann versucht, durch indirekte Kühlung, indem man Kühlrohre in das Lager einbaute, die Temperatur herunterzudrücken, und hat hiermit auch gute Erfolge erzielt, ohne daß die Güte der Bleche hierdurch irgendwie gemindert worden wäre.

Schlußbemerkung.

Nachdem im vorhergehenden die Verwendungszwecke der einzelnen Schmierprodukte erläutert wurden, sollen nun zusammenfassend noch einmal die allgemeinen Gesichtspunkte dargelegt werden, nach denen künftig die Beschaffung der Öle und Fette und die Organisation der Schmierstoffverwendung sich zu richten haben.

In den Zeiten vor dem Kriege machte sich das Bestreben geltend, durch weitgehendste Spezialisierung der einzelnen Schmierstoffe eigens für den geforderten Zweck geeignete Artikel herzustellen. Die Folge war, daß ungezählte Produkte unter den phantastischten Namen von den Fabrikanten und den Händlern auf den Markt geworfen wurden, über deren Wert und deren Preiswürdigkeit die Meinungen recht geteilt sein konnten. Diesem ungezügelten Treiben machten die Einschränkungen des Krieges und die Bewirtschaftung der Schmieröle durch die K.S.G. ein Ende. In den bereits mehrfach erwähnten Richtlinien dieser Kriegsgesellschaft ist eine systematische Einteilung der gesamten Schmierstoffe gegeben. Sie sind nach Qualitäten in verschiedene Klassen geordnet und die Verwendungsmöglichkeit der einzelnen Gruppen wiederum kurz angeführt. Durch Angabe der mindest zu fordernden analytischen Werte sowie chemischer Eigenschaften sind Grenzen gesetzt, denen die Produkte zum mindesten sich einfügen müssen.

Auf diese Zahlen sich stützend, konnte der Verbraucher sich jederzeit davon überzeugen, daß die gelieferte Ware den geforderten Bedingungen entsprach.

Während des Bestehens der K.S.G., die sich später in die Mineralölversorgungsgesellschaft M.V.G. verwandelte, war der Handel gezwungen, die normierten Öle zu liefern. Nach Auflösung dieser Gesellschaft liegt eine solche Nötigung nicht mehr vor. Durch den erneuten Aufschwung des Handels, die frische Einfuhr von Öl aus dem Auslande ist vielmehr die Möglichkeit außerordentlich erhöht, wieder in die Verworrenheit und das Spezialistentum der Vorkriegszeit zurückzufallen. Nun aber macht sich in den Kreisen der Großabnehmer, die sich zu größeren Verbänden zusammengeschlossen haben, das Bestreben geltend, die im Kriege gemachten Ansätze im rationellen Verbrauch und der ökonomischen Verwendung der Schmierstoffe auch für die Friedenszeiten weiterzuführen. Je zahlreicher die Schmierölsorten, je verschiedenartiger die Ansprüche gestellt werden, um so schwerfälliger gestaltet sich auch der Einkauf, um so leichter tritt eine Verschwendung der Öle ein und um so unrationeller läßt sich dieses so wichtige Gebiet bewirtschaften. Es handelt sich also darum, die Zahl der verschiedenen auf einem Werk oder in einer Fabrik zur Verwendung kommenden Öle und Fette möglischt einzuschränken. Festzustellen ist, für welche Maschinen das gleiche Öl oder Fett Verwendung finden kann; die Anforderungen sind aufzustellen, denen das Schmiermittel mindestens zu genügen hat. Die natürliche Folge einer konsequenten Durchführung wäre: 1. Erleichterung des Einkaufs; 2. Vereinfachung der Fabrikation. Wenige wirklich erprobte und gute Ölsorten oder Starrschmieren wären zu fabrizieren, welche den aufgestellten Normen in jeder Beziehung zu entsprechen haben. Hierdurch wäre der Verbraucher auch zugleich geschützt gegen die Verwendung ungeeigneter Schmierstoffe. Die hier angedeuteten Bestrebungen sind von einer Reihe großindustrieller Unternehmungen bereits aufgegriffen worden und werden, je konsequenter sie durchgeführt werden, um so mehr die Wirtschaftlichkeit der produzierenden als auch der konsumierenden Betriebe steigern. Von seiten der größeren fabrizierenden Werke wird diesen erstrebenswerten Absichten das größte Interesse und die weitgehendste Förderung entgegengebracht.

Es sei hier nun der Plan einer Aufstellung angeführt, nach welcher etwa für größere Betriebe die Verteilung der Schmierstoffe zu erfolgen hätte. Vorausgesetzt werden muß

natürlich bei Einkaufs-, Verwaltungsbeamten und bei den mit der Schmierung betrauten Arbeitern die Kenntnis der Eigenarten und Begriffe wie: Maschinenöldestillat, Maschinenölraffinat, Dampfzylinderöl und Explosionsmotorenzylinderöl usw. Durch übersichtliche Listen, auf denen in klarer Weise Kennwort und Verwendungszweck angegeben sind, soll eine Aufklärung bei Werkbeamten und Arbeitern erzielt werden, so daß das zweckentsprechende Öl auch an die richtige Stelle gelangt. Für den Einkäufer sind auf der Liste noch die Normen anzugeben, die vom Fabrikanten oder Händler einzuhalten sind. Durch Beschränkung des Einkaufs auf einige wenige leistungsfähige Firmen ist eine Garantie gegeben für einheitliche Ware, einheitliche Bezeichnung sowie regelmäßigen Ersatz, der mit der notwendigen Pünktlichkeit zu erfolgen hat. Auch dürften dann nicht mehr Fälle vorkommen, daß, wie es in einem großen Werk geschehen, Dampfzylinder mit flüssigem Raffinat, Kugellager mit beschwertem Maschinenfett und heiße Lager mit gewöhnlicher verseifter Starrschmiere geschmiert wurden.

Als Typen kämen also folgende Schmierstoffe beispielsweise in Betracht:

1. Maschinenölraffinat, Visk. 3—4 bei 50°.
2. " " " 6—8 " 50°.
3. Maschinenöldestillat, " 5—7 " 50°.
4. Heißdampfzylinderöl, " 3—4 " 100°.
5. Dampfturbinenöl.
6. Transformatorenöl.
7. Kons. Maschinenfett.

8a. Heißlagerbrikett.
8b. Heißlagerfett.

9. Kugellagerfett.
10. Zahnradfett.

Diese Sorten haben folgenden Bedingungen bezüglich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften zu gehorchen und sind geeignet für die nebenstehenden Verwendungszwecke (vgl. Tabelle):

Verwendungszwecke der Schmierstoffe.

Kennworte	Lieferungsbedingungen	Verwendungszwecke
Maschinenöl-raffinat I.	Reines Mineralöl, Flammpunkt o. T. ca. 175°, Visk. 3—4 b. 50° C.	Ringschmierlager von Transmissionen, Dynamomaschinen und elektrischen Motoren jeglicher Tourenzahl bis Wellendurchmesser 80 mm, Preßluftwerkzeuge, Werkzeug-, Eismaschinen.
Maschinenöl-raffinat II.	Reines Mineralöl, Flammpunkt o. T. ca. 185—195°, Visk. 6—8 b. 50° C.	Tropföler, nicht unter Dampf arbeitende Maschinenteile von Dampfmaschinen und Kolbenmaschinen, Zylinder von Luftkompressoren, Ringschmierlager mit über 80 mm Wellendurchmesser, Ringschmierlager, die unter äußeren Wärmeeinflüssen stehen.
Maschinenöl-destillat.	Reines Mineralöl, Flammpunkt o. T. 185°, Visk. 5—7 b. 50° C. Fettfleckprobe klares gleichmäßiges Bild. Ohne Asphaltpunkt.	Nicht unter Dampf gehende Teile von Lokomotiven, Transportbänder, Führungen von Aufzügen, Staub- und Witterungseinflüssen ausgesetzte offene Schmierstellen.
Dampfzylinder-öl.	Reines Mineralöl, Flammpunkt o. T. 180°, Visk. 4 b. 100° C.	Unter Dampf stehende Organe der Dampfmaschinen und Lokomotiven, Dampfpumpen, Schneckentrieb der Generatoren, Exzenter von Schüttelsieben, Ringschmierlager von Drehöfen.
Dampfturbinen-öl.	Reines Mineralölraffinat, Flammpunkt o. T. 170°, Visk. 3,2 b. 50° C, frei von Alkali und Säuren.	Kreislaufschmierung der Dampfturbinen.
Transformatoren- und Schalteröl.	Reines Mineralölraffinat, Flammpunkt o. T. 180°, Visk. ca. 5 b. 20°, wasserfrei, Säuregehalt in SO_3 höchstens 0,02%, Teerzahl b. 70 stündigem Erwärmen auf 120° bei Durchleiten von reinem Sauerstoff höchstens 0,5%, Schalteröl —15° Stockpunkt.	Elektrische Transformatoren und Schalter.

Kennworte	Lieferungsbedingungen	Verwendungszwecke
Konsistentes Maschinenfett.	Tropfpunkt bei ca. 72 °C. Die Masse muß homogene Konsistenz haben und unbeschwert sein. Trennung von Mineralöl und Seife darf nicht eintreten.	Staufferbüchsen, Fettlager bei Transmissionen und Transporteinrichtungen u. dgl. bei Lager- und Außentemperatur bis 60°.
Heißlagerfett oder Heißlagerbrikett.	Tropfpunkt ca. 130°, unbeschwert.	Fettlager an Drehöfen, Staufferbüchsen für horizontale Führungsrollen an Drehöfen, Kalander.
Zahnradfett.	Dunkle, konsistente Fettmasse von homogener Beschaffenheit und gutem Anhaftvermögen.	Zahnräder.
Kugellagerfett.	Frei von Säure und Beimengungen.	Kugellager, feine Mechanismen. Kugellager an Elektromotoren.

Dieses Schema ist natürlich nicht allgemein anwendbar. soll vielmehr nur ein Bild geben, in welcher Weise sich Verbraucher und Produzent zu verständigen haben, um mit wenigen einheitlich gearteten Schmierstoffen die gesamten Mechanismen einer Fabrik mit Schmierstoffen zu versorgen. Bei der Aufstellung solcher Normen und Bedingungen wird es zweckmäßig sein, wenn Fabrikant und Verbraucher gemeinsam hierüber beraten, damit keine unmöglichen und gar zu weitgehende Forderungen festgelegt werden.

Die im Laufe der Abhandlung zahlreich verstreuten Bemerkungen über Eigenarten, Verhalten und Verwendungszweck der verschiedenen Schmierstoffe seien hier am Schlusse noch einmal zusammengefaßt.

Bei den Maschinenölen unterscheidet man Destillate und Raffinate. Destillate enthalten Teer, Harz und Asphaltbestandteile, den Raffinaten sind diese auf chemischem Wege entzogen. Hieraus ergibt sich, daß die Destillate nicht verwendbar sind für Kreislaufschmierung, für Turbinen- und Ringschmierlager und an solchen Stellen, wo ein Verstopfen der Schmierkanäle und Schmiernuten zu befürchten ist. Hier und an Stellen. wo Ölverdunstung infolge erhöhter Temperatur eintritt, verwendet man Raffinate. Überdies zeigen die Raffinate ihre Überlegenheit gegenüber Destillaten (vgl. Tabelle) durch ihren geringen Säuregehalt und ihre geringe Neigung zu oxydieren. Destillate-

sind dort verwendbar, wo untergeordnete Schmierzwecke in Frage stehen und durch Beimengung von Staub und Schmutz usw. eine Verschlechterung des Öles ohnedies nicht zu vermeiden ist.

Die Anpassung der Maschinenöle bezüglich der Viskosität vollzieht sich nach folgenden Gesichtspunkten: Leicht belastete Maschinenteile, die mit großer Geschwindigkeit laufen, bei Ring- und Kreislaufschmierung, die unter Druck stattfinden, werden mit dünnflüssigen Ölen geschmiert. Bei schweren und langsam laufenden Maschinenteilen, die auch dem Einflusse äußerer Erwärmung ausgesetzt sind, verwendet man viskosere Öle, die auch weniger leicht verdunsten. Sie werden nicht so leicht aus den Lagern gepreßt und bleiben auch bei höheren Temperaturen genügend schlüpfrig.

Die Zylinderöle mit Zähflüssigkeiten von 2,3 bis 3 bei 100° C und darüber dienen zum Schmieren der unter Dampf stehenden Maschinenteile. Verlangt wird von ihnen ein hohes Anhaftvermögen, hoher Flammpunkt und niedriger Asphaltgehalt.

Nicht zu verwechseln mit diesen Zylinderölen sind die Öle zur Schmierung der Zylinder von Explosionsmotoren und von Kompressoren. Hier sind nur hochviskose Raffinate geeignet, die frei von Asphalt sein müssen, da andernfalls sich die Ventile und Schieber mit sich bildenden Rückständen zusetzen und zu Frühzündungen und Explosionen Veranlassung geben. Je höher der Kompressorendruck im Zylinder, um so zäher ist das Öl im allgemeinen zu wählen.

Konsistente Fette kommen zur Anwendung an langsamlaufenden Maschinenteilen, die nur kleine Bewegungen ausführen und an solchen Stellen, an denen eine Ölschmierung schwer anzubringen ist. Die Qualität der Fette richtet sich zur Hauptsache nach der Temperatur und der Belastung der Lager. Heißlagerfette werden zur Schmierung solcher Lager verwendet, die der Erwärmung durch Leitung oder Strahlung ausgesetzt sind. Unter gewissen Umständen werden die Fette durch Heißwalzenbriketts ersetzt, die durch ihr Eigengewicht auf der Welle aufliegen und daher zuverlässiger schmieren.

Für Kugellager und feine Mechanismen sind neutrale und absolut säurefreie Produkte, Öl oder Fett, zu wählen. Die Spezialfette genauer zu erläutern, ist hier unmöglich. Die Eigenschaften sind den jeweiligen Verwendungszwecken anzupassen.

Bei genauerer Beobachtung der zurzeit bestehenden Verhältnisse und Tendenzen auf dem Schmiermittelmarkt gelangt man zu der Überzeugung, daß die hier dargelegten Bestrebungen der Normierung, Vereinfachung sowie der Ersparnis auf dem

Schmiermittelgebiet immer mehr an Boden gewinnen und auch die kleineren Verbraucher zu immer klarerer Einsicht über die Bedeutung dieser Fragen gelangen. So ist es denn zu hoffen, daß wir auf diesem Gebiet, das seinem ganzen Wesen nach Kraft und damit Arbeit und Energie zu sparen bestimmt ist, in dieser Richtung fortschreiten und auf diese Weise an der Heilung des erkrankten Wirtschaftskörpers erfolgreich mitwirken werden.

Literatur.

a) Zeitschriften.

Ber. = Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft.
Braunkohle = Braunkohle, Zeitschrift für die Gewinnung und Verwertung der Braunkohle.
Chem. Umsch. = Chemische Umschau auf dem Gebiete der Fette, Öle, Wachse und Harze (früher chemische Revue).
C. = Chemisches Centralblatt.
Chem.-Techn. Wochenschr. = Chemisch-Technische Wochenschrift.
Elektrotechn. Zeitschr. = Elektrotechnische Zeitschrift.
Mat. gr. = Matières grasses.
Mitteilungen = Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde.
Ölmotor = Ölmotor.
Österr. Chem.-Ztg. = Österreichische Chemikerzeitung.
Petr. = Petroleum, Zeitschrift für die gesamten Interessen der Petroleumindustrie und des Petroleumhandels, Berlin.
Stahl u. Eisen = Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Seifensiederztg. = Seifensiederzeitung und Revue über die Harz-, Fett- und Ölindustrie.
Werkstätten-Techn. = Werkstätten-Technik.
Zeitschr. f. angew. Chem. = Zeitschrift für angewandte Chemie.
Zeitschr. f. d. Öl- u. Fettind. = Zeitschrift für die Öl- und Fettindustrie.
Zeitschr. Ver. d. Ing. = Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.

b) Bücher.

Benedikt, R., u. Ulzer, F., Analyse der Fette und Wachsarten. 5. Aufl. Verl. J. Springer, Berlin.
v. Dallwitz-Wegener, Neue Wege zur Untersuchung von Schmiermitteln. Verl. R. Oldenbourg, München-Berlin.
Engler-Höfer, Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb. Bd. I—V. Verl. Hirzel, Leipzig 1913—1916.
Fischer, F., Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle. I—V. Verl. Bornträger, Berlin.
Glund, W., Die Tieftemperaturverkohlung der Kohle. Verl. Knapp, Halle.
Graefe, E., Laboratoriumsbuch für die Braunkohlenindustrie. Verl. Knapp, Halle 1908.
Großmann, J., Die Schmiermittel. Verl. Kreidel, Wiesbaden 1909.

Gurwitsch, L., Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölbearbeitung. Verl. J. Springer, Berlin 1913.
Hefter, G., Technologie der Fette und Öle. Verl. J. Springer, Berlin 1906—1912.
Holde, D., Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette. Verl. J. Springer, Berlin.
Hurst, G. H., Lubricating Oils, Fats and Greases. 3rd Edition. Scott Greenwood & Son, London.
Kißling, Laboratoriumsbuch für d. Erdölindustrie. Verl. Knapp, Halle 1908.
Marcusson, J., Laboratoriumsbuch für die Industrie der Öle und Fette. Verl. Knapp, Halle 1911. — Die natürlichen und künstlichen Asphalte. Verl. Engelmann, 1921.
Ost, H., Lehrbuch der chem. Technologie. Verl. M. Jänicke, Hannover 1907.
Rakusin, M. A., Die Untersuchung des Erdöls. Verl. Vieweg.
Scheithauer, W., Fabrikation der Mineralöle und des Paraffins aus Schwelkohle usw. Verl. Vieweg, Braunschweig 1895.
Schmiermittelnot. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
Schrauth, M., Handbuch der Seifenfabrikation. 5. Aufl. Verl. J. Springer, Berlin.
Ubbelohde, L., Handbuch der Chemie und Technologie der Öle und Fette. Verl. S. Hirzel, Leipzig.

Namenverzeichnis.

Sachverzeichnis.